

I. *Ueber die elektrischen Ringfiguren;*
von Peter Riefs.

(Auszug aus den Abhandl. d. Akad. d. Wiss. physik. Kl. 1861. S. 1–33.)¹⁾

In einer der Akademie im Jahre 1846 mitgetheilten Abhandlung²⁾ habe ich acht Arten von elektrischen Zeichnungen aufgeführt, unter welchen nur Eine Art genannt werden konnte, die verschieden geformt erscheint, je nachdem sie durch positive oder negative Elektricität gebildet wird. Es sind dies die, zuerst von Lichtenberg 1777 dargestellten Staubfiguren, welche eben durch diese Formverschiedenheit die bei Weitem bekanntesten aller elektrischen Zeichnungen geworden sind. Führt man einer isolirenden Platte einen elektrischen Funken zu, so verbreitet sich die Elektricität auf der Platte in einer bestimmten, durch aufgestreuten Staub erkennbaren Form, die völlig verschieden ist, je nachdem die zugeführte Elektricität positiver oder negativer Art war. Oder setzt man normal gegen die beiden Flächen einer isolirenden Platte in gerader Linie zwei Drähte, von welchen der eine isolirt, der andere zur Erde abgeleitet ist, und theilt man dem isolirten Drahte Elektricität einer Art mit, die mit einem Funken auf die eine Oberfläche der Platte übergeht, so geht Elektricität derselben Art von der zweiten Oberfläche zum abgeleiteten Drahte, und die beiden Flächen zeigen die entgegengesetzten Staubfiguren. In dieser belehrendsten Form zeigt der Versuch, daß der elektrische Strom, je nachdem er in eine isolirende Platte eintritt, oder aus derselben austritt, die

1) Gelesen am 14. und 18. Febr. 1861.

2) Diese Annalen Bd. 69, S. 1.

eine und die andere Staubfigur bildet, und ich habe nachgewiesen, daß dies nur dann geschieht, wenn der Strom in der Nähe der Platte discontinuirlich ist, das heißt mit Funken sich fortpflauzt. Der elektrische Strom ist hier in den beiden Drähten getrennt vorhanden, und die ihn bildenden beiden Elektricitäten gleichen sich nicht aus, sondern kommen auf den entgegenstehenden Flächen der isolirenden Platte zur Ruhe. Eine Ausgleichung der Elektricitäten erhält man, wenn statt der isolirenden Platte eine Metallplatte zwischen die beiden Drähte gestellt wird, und dann ist es, wie man sogleich sieht, unnöthig, daß die Enden der Drähte einander gegenüberstehn, sie können über beliebige Stellen der Oberflächen, oder, was am bequemsten ist, über verschiedene Stellen einer und derselben Oberfläche der Platte gebracht werden. In allen Fällen geht dann der positive Strom mit einem Funken von dem einen Drahte zur Platte, und von der Platte zum andern Drahte über, die beiden berührten Stellen der Platte befinden sich also in Bezug auf den Strom in entgegengesetzter Lage, gerade so wie sich die beiden Flächen der isolirenden Platte bei der Bildung der Staubfiguren befanden. Staubfiguren können sich aber, ihrer Natur nach, auf der Metallplatte nicht bilden, es entstehen andere Arten von Figuren. Nach einmaligem oder öfterem Uebergange des Stromes ist jede der beiden Stellen der (polirten) Platte unter den Drahtspitzen dadurch gekennzeichnet, daß durch Behauchung eine helle Scheibe auf getrübttem Grunde entsteht. (Hauchfiguren). Ist der Strom eine gewisse, nach dem Metalle der Platte verschiedene, Anzahl von Malen übergegangen, so sind die Uebergangsstellen dauernd sichtbar; sie zeigen eine dunkle Scheibe, die von mehr oder weniger gefärbten Ringen umgeben ist. Dies sind die unter dem Namen der Priestley'schen Ringe seit 1768 bekannten Figuren, von denen bisher ausgesagt worden ist, daß sie von der Richtung des sie bildenden Funkenstromes unabhängig sind. Und in der That sind bei der gebräuchlichen Art, den Versuch anzustellen, die bei

ver
sch
sch
den
Ve
der
die
den
den
alle
figu
ein
elek
wer
Ma

Batt
stell
Mit
merl
welc
gezw
zu h
sind
gebil
Unte
Kug
Elek
auf
breit
mit
war
schie
gung
1) M

verschiedener Richtung des Stromes gebildeten Priestley'schen Ringe einander sehr ähnlich, da ihre wesentliche Verschiedenheit häufig geringer ist, als ihre schwer zu vermeidenden zufälligen Ungleichheiten. Bei einer Aenderung des Versuchs habe ich eine charakteristische Verschiedenheit der Ringfiguren verschiedenen Namens gefunden, und habe diese Verschiedenheit gröfser machen können, als sie bei den ungleichnamigen Staubfiguren jemals beobachtet worden ist¹⁾. Dadurch dürfte sich das Interesse, das bisher allein den Staubfiguren zugewendet war, auch auf die Ringfiguren erstrecken, ja in erhöhtem Maafse, da die letzteren ein Gebilde des vollständigen, nicht des unterbrochenen elektrischen Stromes sind. In der historischen Einleitung werden die Untersuchungen von Priestley, Nobili, Matteucci und Grove mitgetheilt.

Positive und negative Ringfiguren.

Die beiden Kugeln einer Funkenflasche, die an einer Batterie als Maafsf flasche dient, werden an den Uebergangsstellen der Funken mit Priestley'schen Ringen bedeckt. Mit der vollständigen Ausbildung dieser Ringe ist eine merkliche Vergrößerung der Elektrizitätsmenge verbunden, welche die Entladung der Flasche bewirkt, so daß man gezwungen ist, andere Stellen der Kugeln zur Entladung zu benutzen, und, wenn alle brauchbaren Stellen verwendet sind, die Kugeln zu poliren. Hierbei hatte ich häufig die gebildeten Figuren beobachtet, aber keinen wesentlichen Unterschied zwischen den Figuren der einen und andern Kugel bemerkt, wenn auch die Flasche stets mit positiver Elektrizität geladen gewesen war. Die Figuren bestanden auf jeder (Kupfer-) Kugel aus einer schwarzen etwa $\frac{1}{2}$ mm breiten Scheibe, von einem polirten Gürtel umgeben, der mit einem gefärbten, gewöhnlich braunen Kreise gesäumt war. Aber beim Poliren zeigte sich eine merkliche Verschiedenheit. Während die äußere, mit der äußern Belegung der Flasche verbundene, Kugel mit Oel und einem

1) Monatsbericht d. Akad. Klassensitzung 22. October 1860.

Putzpulver zu reinigen war, gelang dieß an der innern Kugel durchaus nicht. Es blieben nach angestrengtem Reiben die Stellen der dunkeln Scheiben sichtbar, und ich mußte die Kugel abdrehen lassen, um sie in den Zustand vor ihrem Gebrauche zu bringen. Die Ursache dieser verschiedenen Tiefe der Figuren vermuthete ich in dem dünnen $3\frac{1}{4}$ Fufs langen Platindrahte, der die äußere Kugel mit der äußern Belegung der Flasche verband (Elektricitätslehre §. 386) und stellte die folgenden Versuche an.

§. 1.

Eine Funkenflasche von $\frac{1}{2}$ Quadratfufs Belegung wurde mit zwei hellpolirten Messingkugeln versehen, die eine halbe Linie von einander entfernt waren. Die Verbindung der äußern Kugel mit der äußern Belegung der Flasche wurde durch eine Säule destillirten Wassers bewirkt, die sich in einer Glasröhre von $8\frac{1}{4}$ Zoll Länge und $3\frac{1}{4}$ Linie Weite befand. Die Flasche wurde durch eine Elektrisirmaschine mit positiver Elektricität geladen, bis sie sich etwa 500mal selbstentladen hatte. Auf der innern Kugel war an der Entladungsstelle eine sehr kleine schwarze Scheibe entstanden, die unter der Lupe völlig kreisrund, scharf begränzt und von einem polirten Ringe mit bräunlichem Saume eingefasst erschien. Auf der äußern Kugel zeigte sich ein blauer braungesäumter Kranz, der eine rundliche Fläche einschloß. Die Figuren sind hier und überall in der Folge in der Lage beschrieben, bei welcher das gespiegelte Licht des Himmels ihren Grund bildete.

Eine Leydener Flasche von 2,6 Quadratfufs Belegung wurde mit der Elektricitätsmenge 15 geladen, zu deren Messung die Kugeln meiner Maafsflasche $\frac{1}{2}$ Linie von einander entfernt wurden. Der Schließungsbogen enthielt die eben erwähnte Wassersäule und in einer Lücke zwei vertikale Stablnadeln, deren Spitzen $\frac{1}{3}$ Linie über einer polirten Messingplatte standen. Der Entladungsstrom ging daher von der einen Nadel zur Platte und von der Platte zur andern Nadel mit Funken über. Nach 10 Entladungen waren auf der Platte zwei Figuren entstanden. Unter der positiven

Elektrode, der Nadel, die mit der positiv elektrischen Belegung der Flasche verbunden war, erschien eine Ringfigur, die ich die *negative* nennen will. Sie bestand aus einem braungelben nicht kreisrunden Kranze, der eine leere Fläche mit dunklem Mittelpunkte einschloß. Unter der negativen Elektrode war eine *positive* Ringfigur entstanden, aus einer schwarzen völlig kreisrunden Scheibe bestehend, und umgeben von einem schmalen polirten Ringe, der durch einen dunkeln Kreis von dem Grunde getrennt war¹⁾.

Gegen die Endkugel des Conductors einer Elektrisirmaschine war ein verschiebbarer, mit einer Kugel endigender Messingstab (der Funkenstab) isolirt aufgestellt. Die Entfernung der beiden Kugeln von einander giebt die Länge der übergelassenen Funken. Eine auf einem Glasstabe befestigte Metallklemme war mit einer vertikalen isolirten Stahlnadel metallisch verbunden, der eine gleiche parallele, aber zur Erde vollkommen abgeleitete Nadel nahe stand. Die Ableitung dieser Nadel, wie die des Reibzeugs der Maschine geschah durch metallische Verbindung mit den Gasröhren des Hauses. Unter den Spitzen beider Nadeln, $\frac{1}{4}$ Linie von ihnen entfernt, lag isolirt eine polirte Messingplatte. Der Funkenstab wurde mit der isolirten Metallklemme durch einen 101 Fufs langen, 0,055 Linie dicken Platiendraht verbunden. Bei positiver Elektricität des Conductors und einer Funkenlänge von $1\frac{1}{2}$ Linien brachten 100 Umdrehungen der Maschine die beiden Figuren auf der Messingplatte hervor. Unter der isolirten Nadel war als negative Ringfigur ein brauner runder Ring mit dunklem Mittelpunkte entstanden, unter der abgeleiteten Nadel die

1) Die Stelle einer Platte, zu der positive Elektricität von einer Spitze durch die Luft übergeht, bildet die negative Elektrode, die Stelle der Platte, von welcher positive Elektricität zu einer Spitze geht, die positive Elektrode. Die gewählte Bezeichnung der Figuren ist hiermit gerechtfertigt, hat jedoch den Uebelstand, mit der bei den Staubfiguren gebräuchlichen im Widerspruch zu seyn. Von den Staubfiguren heißt die unter einer positiv elektrischen Spitze gebildete die positive, die unter der negativen Spitze die negative. Diefs ist zu beachten, wenn man die Ringfiguren mit den Staubfiguren vergleichen will.

positive Figur, eine schwarze Scheibe mit hellem Ringe. Als an die Stelle des langen Platindrahts die Wassersäule gesetzt war, brachten 100 Umdrehungen der Maschine die negative Figur ebenso vollkommen, nur kleiner hervor als früher, als positive Figur eine scharf begränzte schwarze Scheibe, umgeben von einem polirten braun gesäumten Ringe.

§. 2.

In diesen Versuche, so oft sie auch wiederholt wurden, waren die an beiden Elektroden gebildeten Figuren so auffallend und bestimmt von einander verschieden, daß eine Verwechselung derselben nicht möglich war. Ob dieß allein der Einschaltung des langen Drahtes und der Wassersäule in den Stromleiter, oder auch der, im Verhältnisse zu der bisher gebräuchlichen, geringen Elektrizitätsmenge zuzuschreiben sey, welche die Figuren bildete, sollten die folgenden Versuche ausmachen.

Der Funkenstab wurde dem Conductor der Elektrisirmaschine bis $\frac{1}{2}$ Zoll genähert und mit der einen Nadel durch einen kurzen Kupferdraht verbunden, während die andere Nadel zur Erde vollkommen abgeleitet war. Die Spitzen der Nadeln standen $\frac{1}{2}$ Linie über einer isolirten Messingplatte. Die auf der Platte durch eine Anzahl übergegangener Funken gebildeten Figuren wurden durch ein Mikroskop mit etwa 22facher Vergrößerung betrachtet und mittels eines im Oculare befindlichen Glasmikrometers gemessen. Da der Conductor positiv elektrisirt wurde, so entstand die negative Ringfigur unter der isolirten, die positive unter der abgeleiteten Nadel. Bei der Beschreibung der Figuren ist es bequem, an ihnen drei Theile zu unterscheiden: Die *Scheibe*, eine matte Kreisfläche, deren Mittelpunkt der Fußpunkt der funkengebenden Spitze ist; den gleichfalls matten *Saum*, welcher in gleicher Entfernung von der Scheibe diese umgiebt; zwischen Scheibe und Saum den *Ringgürtel*, in welchem das Metall seine Politur behalten hat. Der Unterschied des innern Durchmessers des Saumes und des Durchmessers der Scheibe giebt die Breite des

Gürtels. Wenn die Scheibe fehlt, so umschließt der Saum eine blanke Fläche.

Aus den in der Abhandlung mitgetheilten Versuchen folgt, daß der von der Elektrisirmaschine ausgehende Strom, wenn er in seinem Laufe zur Erde verzögert wird, auf den, durch ihn positiv und negativ gewordenen Stellen einer Messingplatte sehr verschiedene Figuren bildet. Die *positive* Figur besteht aus einer kreisrunden schwarzen Scheibe, diese von einem blanken oft farbigen Gürtel, dieser von einem matten rothgelben Saume umgeben; die *negative* Figur aus einer blanken nicht immer kreisrunden Fläche, die von einem matten rothgelben Saume eingefasst wird. Jede Figur ist, ohne Vergleichung mit der ihr ungleichnamigen, mit größter Sicherheit zu benennen. Ferner hat die positive Figur stets schärfere Umrisse, als die negative, und die vom Saume eingefasste Fläche ist an der positiven kleiner, als an der negativen Figur. Die beiden letzten Kennzeichen kommen auch bei vollkommener Leitung des elektrischen Stromes vor, bedürfen dann aber zu ihrer Erkennung einer genauen Vergleichung beider Figuren.

§. 3.

Größe und Ausbildung der Figuren nehmen zu, innerhalb einer gewissen Gränze, mit der Menge der zu ihrer Bildung benutzten Elektricität. Die zu ihrer vollständigen Ausbildung nöthige Elektricitätsmenge ist verschieden, wie sich weiter unten zeigen wird, nach dem Metalle, auf dem die Figuren gebildet werden und ist bei der positiven Figur kleiner, als bei der negativen. Die Figuren sind daher verschiedener wenn sie durch eine geringe, als wenn sie durch eine große Elektricitätsmenge gebildet wurden. Der Einfluß der anderen Bedingungen des Versuchs auf die Figuren wurde, wie folgt, bestimmt.

Mit der Länge der vom Conductor gezogenen Funken steigt die Dichtigkeit und Menge der Elektricität, die zwischen den Spitzen und der Metallplatte übergeht. Benutzt man daher eine gleiche Anzahl Funken, so geben die längern Funken die größeren und vollkommeneren Figuren.

Es wurden die Spitzen $\frac{1}{2}$ Linie über die Messingplatte gestellt, und bei Einschaltung der Wassersäule 200 Funken vom Conductor genommen. Als diese Funken 3 Linien lang waren, zeigte die positive Figur eine schwarze 0,05 Linie breite Scheibe, im Gürtel einen gelben und einen blauen Ring, einen gelben Saum von 0,13 Linie Durchmesser; die negative Figur eine blanke Kreisfläche, umgeben von einem 0,22 Linie breiten Saume. Bei einer Funkenlänge von 1 Zoll war die positive Scheibe 0,05 Linie breit, die Ringe des Gürtels lebhaft roth, gelb, blau, der Durchmesser des Saumes 0,18 Linie; der Saum der negativen Figur maß 0,24 Linie im Durchmesser.

Die Entfernung der Spitzen von der Platte, wenn sie eine gewisse Gränze übersteigt, vermindert die Schärfe der Figuren. Eine Messingplatte wurde vertikal aufgestellt, die beiden Stahlnadeln waren normal gegen die Fläche an Metallarmen und diese an einem Glasstabe befestigt, der mittels einer Schraube meßbar zu verschieben war. Die Figuren wurden durch 200 Funken von $\frac{1}{4}$ Zoll Länge gebildet. Bei $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{4}$ Linie Entfernung der Spitzen von der Platte war die positive und negative Figur vollständig ausgebildet, bei der Entfernung von 1 Linie aber nur die positive. Die negative Figur konnte nur bei Behauchung als ein unregelmäßiger Fleck erkannt werden. Betrug die Entfernung 3 Linien, so war die positive Figur unvollständig, eine dunkle Scheibe, unmittelbar von einem gelben Saume eingefasst, die negative Figur erschien bei Behauchung als ein Haufen einzelner Flecken.

Das Material der Spitzen ist gleichgültig. Ich habe Nadeln von Platin, Gold, Silber, Kupfer, Stahl und Zinn gebraucht, ohne einen Unterschied in der Abformung der Figuren zu bemerken, der nicht der verschiedenen Vollkommenheit der Zuspitzung zuzuschreiben war. Zierliche scharfe Figuren verlangen gute Spitzen, weshalb ich mich ferner ausschließlichs der Stahlnadel bedient habe (englischen Näh-nadel *Hemming blunt* 7).

Eine verschiedene Neigung der Nadeln gegen die Platte

hat keinen Einfluss auf die Figuren. Es wurden die Nadeln das eine Mal normal gegen die Platte gestellt, das andre Mal 45 Grad gegen sie geneigt, während die Entfernung der Spitzen von der Platte unverändert $\frac{1}{2}$ Linie betrug. Die so gebildeten Figuren waren einander völlig gleich, namentlich die positiven Figuren scharf und kreisrund bei normaler wie bei schiefer Stellung der Nadeln. Der Mittelpunkt der Figur lag stets im Fußpunkte der Spitze, wenn die Nadel nicht so stark geneigt war, daß die Funken auch von andern Punkten, als der Spitze übergehen konnten.

§. 4.

Ich habe die Figuren auf verschiedenen Metallplatten gebildet, von welchen die auf Kupfer und Silber eine besondere Erwähnung verdienen. Es wurde dabei der Conductor der Elektrisirmaschine auch negativ elektrisirt, wodurch unter der isolirten Nadel die positive, unter der zur Erde abgeleiteten die negative Ringfigur entstand. Bei verschiedener Elektrisirung des Conductors erhält man die entgegengesetzten Figuren unter derselben Nadelspitze, und controlirt dadurch eine während der Versuche eingetretene Ungleichheit der beiden Spitzen.

Die Versuche zeigten, daß auf Kupfer bei jeder Leitung des Funkenstromes die ungleichnamigen Ringfiguren in der Größe und im Ansehen verschieden sind; daß bei unvollkommener Leitung diese Verschiedenheit am größten wird und in derselben Weise auftritt wie am Messing.

§. 5.

Das Silber ist äußerst empfindlich gegen elektrische Einwirkung und wird schon durch wenige Funken gefärbt. Die in der Abhandlung beschriebenen Figuren wurden auf der Silberfläche einer Daguerreotyp-Platte dargestellt, doch kann, wenn man sich mit geringerer Zierlichkeit der negativen Figur begnügt, auch Silber ohne Spiegelpolitur dazu benutzt werden. Die Ringfiguren auf Silber sind, je nach der Elektrode die sie gebildet hat, verschieden und zwar in Hinsicht der Größe, wie bei allen Metallen, indem die

negative Figur die positive stets an Ausdehnung übertrifft, ihr aber an Schärfe der Begrenzung nachsteht. In Hinsicht auf Form und Färbung sind die Figuren auf Silber vor allen andern dadurch ausgezeichnet, daß eine blanke von einem Saume umgebene Fläche hier nur selten vorkommt, daß in den meisten Fällen auch die negative Figur im Innern gefärbt ist und die lebhaft farbigen Ringe vorzugsweise an dieser Figur auftreten. Ich habe es aufgegeben die Ringfiguren hier und in der Folge abbilden zu lassen, weil die ungemeine Zierlichkeit ihrer Form und Zartheit ihrer Farben dabei verloren gegangen wäre, und von dem, was übrig bleibt, sich durch Worte eine genügende Vorstellung geben läßt. Auch glaube ich nicht, daß die Beschreibung der sehr einfachen Apparate eine Zeichnung wird vermissen lassen.

§. 6.

Die bisher beschriebene Darstellung der Ringfiguren ist lehrreich durch die Einfachheit des dabei gebrauchten Apparates und den Umstand, daß sie sich der Weise anschließt, auf welche man bisher die Priestley'schen Ringe dargestellt hat. Es wird dadurch klar, daß die Verschiedenheit dieser Ringe nach der Art der sie bildenden Elektrode darum übersehen worden ist, weil man sich guter Leitungen des Entladungsstromes und zu großer und dichter Elektricitätsmengen dazu bediente. Sonst hat diese Art der Darstellung das Unbequeme, daß sie bei vielen Metallen eine längere Zeit in Anspruch nimmt, und die unterschiedenen Figuren, wenn auch sehr scharf, doch wie die angeführten Messungen zeigen, so klein ausfallen, daß zu ihrer genauen Erkennung die Lupe, häufig das zusammengesetzte Mikroskop nöthig ist. Beide Uebelstände werden vermieden durch Anwendung des elektro-magnetischen Inductionsapparats mit Selbstunterbrechung statt der Elektrisirmaschine. Damit erhält man in kürzester Zeit Figuren, die dem unbewaffneten Auge deutlich erkennbar sind, aber freilich unter dem Mikroskope selten so scharf begrenzt erscheinen, wie die früheren Figuren. Der bei den folgen-

den Versuchen gebrauchte Inductionsapparat ist 1855 in der Werkstatt von Siemens und Halske angefertigt worden und giebt Funken von $\frac{1}{2}$ Zoll Länge, wenn er durch ein Grove'sches Element erregt wird (in einem Trinkglase, das 15 Unzen Wasser faßt). Die Inductionsrolle enthält angeblich 14000 Fufs eines $\frac{1}{4}$ mm dicken Kupferdrahtes, der Unterbrecher ist nach Halske's Angabe ausgeführt (Poggend. Annal. XCVII 641).

Bei der langen Dauer jedes Funkens vom Inductionsapparate ist eine absichtliche Verzögerung desselben durch Platindrabt oder eine Wassersäule überflüssig. Die Darstellung der Figuren geschieht äusserst leicht durch Verbindung der Enden der Inductionsrolle mit zwei winkelrecht befestigten Nadeln, unter deren Spitzen eine Metallplatte gelegt wird. Die Nadel, welche durch den Oeffnungsstrom des Apparats positiv elektrisch wird, wirkt wie die Nadel, die mit dem positiv elektrischen Conductor der Elektrisirmaschine verbunden ist, und so fort. Dafs die Schnelligkeit, mit welcher die Funken am Apparate einander folgen, keinen wesentlichen Einflufs auf die Figuren hat, lehrten Versuche, bei welchen die Nadeln $\frac{1}{2}$ Linie über eine Kupferplatte gestellt waren. Der Apparat wurde mit der Hand durch eine in Quecksilber tauchende Metallspitze oder durch ein Blitzrad in Thätigkeit gesetzt. Im ersten Falle entstanden in der Sekunde 4 bis 5, im zweiten 20 Funken zwischen den Spitzen und der Metallplatte. Nach einigen Minuten waren die unterschiedenen Figuren gebildet, völlig gleich denen, die früher an der Elektrisirmaschine bei Einschaltung der Wassersäule erhalten wurden, und nicht wesentlich verschieden von denen, welche in den folgenden Versuchen der Inductionsapparat mit dem schnell oscillirenden Selbstunterbrecher lieferte.

§. 7.

Die Ausbildung der Figuren bei zunehmender Elektrizitätsmenge kann hier vollständiger aufgezeigt werden, als mit der Elektrisirmaschine. Die beiden Stahlnadeln wurden $\frac{1}{2}$ Linie über einer hellpolirten Messingplatte befestigt und

9 Figurenpaare gebildet, während der Inductionsapparat verschiedene, an einem Chronometer bestimmte, Zeiten in Thätigkeit erhalten war. Der die Figur umgebende Saum war desto breiter, je mehr Funken angewendet wurden, und damit dunkler; anfangs gelb, wurde er braungelb, zuletzt schwarzbraun. Der in der Tafel angegebene Durchmesser bezieht sich auf seinen innern Rand, der stets schärfer ist, als der äußere. Bei der negativen Figur legen sich die Ringe an diesen innern Rand an, so daß die Mitte der Figur stets blank bleibt.

Dauer des Fun- ken- stroms. Mi- nuten.	Positive Figur			Negative Figur		
	Saum	Scheibe	Gürtel	Saum	Ring	blanke Fläche
	Durchmesser par. Lin.			Durchmesser par. Lin.		
$\frac{1}{30}$	0,13	0,13 Centr.	hell			
$\frac{1}{15}$	0,28	0,16	" "			
$\frac{1}{10}$	0,34	0,18	" "			
$\frac{1}{5}$	0,40	0,18	" "			
1	0,55	0,22	" "	0,57		
2	0,61	0,24	" "	0,88	gelb	0,61
3	0,66	0,26	" "	0,88	"	0,59
5	0,66	0,26	" "	0,99	blau, gelb	0,46
10	0,26	" "	" "	1,10	" "	bogenförm. ausgeschweift Blumenblät- tern ähnlich

Die letzte negative Figur erschien innerhalb des breiten schwarzbraunen Saumes, wie eine aus hellgelbem Grunde ausgesparte sechsblättrige mit einem hellblauen Ringe umgebene Blume. Das Hauptmerkmal zur Unterscheidung der entgegengesetzten Figuren bildete überall die vom Saume eingeschlossene blanke Fläche der negativen Figur, gegenüber der schwarzen Scheibe der positiven. Obgleich in den 4 letzten Versuchen die Scheibe nicht merklich an

Größe zugenommen, die blanké Fläche hingegen merklich abgenommen und in den beiden letzten Versuchen ihre Kreisform verloren hatte, so war doch keine Aehnlichkeit der ungleichnamigen Figuren vorhanden. Merkwürdig sind die drei ersten Versuche bei der Wirkung des Apparates von 2, 5 und 15 Sekunden. Bei allen dreien war die positive Figur vollkommen erkennbar, im dritten Versuche sogar in allen ihren Theilen vollständig ausgebildet, aber die negative Figur fehlte gänzlich und ihre Stelle war nur bei Behauchung momentan zu erkennen. Diefs auffallende Ergebniss verlangt keine besondere Sorgfalt bei Anstellung des Versuches, es ist schon oben bei den Versuchen mit der Elektrisirmaschine und später so oft vorgekommen, dass es mir gelegentlich ein bequemes Mittel abgab zur Bestimmung der Pole des Inductionsapparats. Eine Messingplatte, unter die mit dem Apparate verbundenen beiden Spitzen gehalten, gab in wenigen Sekunden eine sichere Entscheidung. Die Spitze, unter welcher das Messing geschwärzt erschien, war die durch den Oeffnungstrom negative, die, unter welcher es seinen Glanz behalten hatte, die positive Elektrode. Ein so grosser Unterschied der Wirkung des elektrischen Stromes, je nach seiner Richtung gegen eine Platte, kann bei den Staubfiguren niemals vorkommen.

Die beschriebenen Figuren liessen sich ohne besondere Vorsicht aufbewahren, und ertrugen selbst ein mässiges Reiben mit einem leinenen Tuche. Die negativen Figuren und die kleineren positiven blieben dadurch unverändert. Nur die grösseren Scheiben, von 0,22 Linie Durchmesser an, wurden dadurch verkleinert und es blieb von ihnen ein schwarzer Fleck von etwa 0,15 Linie Breite zurück, der von einem blanken Messingring umgeben war. Für das unbewaffnete Auge erhielten die Figuren dadurch eine grössere Zierlichkeit.

§. 8.

Die Figuren wurden durch den Inductionsapparat auf verschiedenen Metallen dargestellt, deren Oberfläche, wenn nicht polirt, eben und von grösseren Unreinigkeiten befreit

war. Es waren Platten von Silber, Kupfer, Messing, Stahl, Zinn, Zink, Neusilber, Antimon, Wismuth, Aluminium, Gold und Platin. Durch Benutzung eines Statives, dessen horizontale Holzplatte durch eine Schraube vertikal zu verschieben ist, wurde der Versuch sehr bequem. Ueber der Holzplatte befanden sich zwei Stahlnadeln in vertikal durchbohrten Druckklemmen, die mit den Enden der Inductionsröhre metallisch verbunden waren. Ich legte das Metall auf eine Glasplatte, diese auf das Stativ, liefs die beiden Nadeln auf das Metall fallen, klemmte sie fest und senkte das Stativ um $\frac{1}{4}$ Linie. Nach kurzer Thätigkeit des Inductionsapparats waren die Figuren vollkommen deutlich und unterschieden. Von den gebrauchten Metallen eigneten sich zur leichtesten Darstellung scharfer und vollständiger Ringfiguren Messing, Neusilber und Kupfer. Unter den 9 übrigen Metallen sind am wenigsten dazu tauglich: das Silber wegen seiner zu grofsen Empfindlichkeit gegen den Funken, Gold und Platin aus dem entgegengesetzten Grunde.

§. 9.

Aus den in den acht vorangehenden Paragraphen beschriebenen Versuchen lassen sich folgende allgemein gültige Resultate angeben. Wenn ein elektrischer Strom in freier Luft mit Funken auf eine glatte Metallfläche übergeht, so bildet sich, nach öfterer Wiederholung der Funken, durch Veränderung der Oberfläche des Metalles rings um die Uebergangsstelle, eine Ringfigur; die positive, wenn der positive Strom aus der Fläche austritt, die negative, wenn er in die Fläche eintritt. Die Funken müssen kurz seyn, damit ihre Wiederholung an einer und derselben Stelle der Metallfläche ausführbar bleibt. Gröfse und Ausbildung der Figuren nehmen zu bis zu einer gewissen Anzahl von Funken. Die positive Ringfigur wird nach einer kleineren Anzahl von Funken sichtbar, als die negative; wenn daher beide Figuren durch gleiche Funkenzahl gebildet sind, so hat in der positiven Figur die Metallfläche eine stärkere Aenderung erlitten, als in der negativen. Ausserdem ist die positive Figur kleiner als die ihr entsprechende

negative und ihre Umrisse sind schärfer. Diese Unterschiede der beiden Figuren sind in allen Fällen vorhanden, werden aber nur bei Vergleichung der Figuren merkbar, oder bei einer, nach den Metallen, mehr oder minder genauen Untersuchung.

Giebt man bei diesen Versuchen dem einzelnen Funken eine längere Dauer, was durch Einschaltung eines langen Drahtes oder einer Flüssigkeitssäule in die Bahn des Stromes der Elektrisirmaschine, oder durch Benutzung eines Magneto-Inductionsstromes leicht zu bewirken ist, so erhalten die ungleichnamigen Figuren eine sehr verschiedene Gestalt. Jede Figur kann dann für sich mit Sicherheit benannt werden. Die positive Ringfigur zeigt eine matte kreisrunde Scheibe, umgeben von einem blanken Gürtel, der von einem breiten matten Saume eingefasst wird. In der negativen Figur fehlt die Scheibe gänzlich oder ist auf einen Punkt reducirt, so daß der matte Saum eine blanke Kreisfläche einschließt. Wenn auch, bei längerer Wirkung der Funken, diese Fläche an verschiedenen Stellen angegriffen wird, so macht sie doch den Eindruck einer leeren, nur zufällig gefüllten Fläche, während die positive Figur eine regelmäsig ausgefüllte Fläche darstellt. Die farbigen Ringe, welche zuweilen die Scheibe, öfter die blanken Flächen der Figuren füllen, begründen keinen wesentlichen Unterschied beider Figuren. Sie treten bei den meisten Metallen am lebhaftesten und zierlichsten im Gürtel der positiven Figur auf, bei dem Silber in der blanken Fläche der negativen Figur. Werden beide Figuren gleichzeitig durch denselben Strom gebildet, so läßt sich bei mehreren Metallen der Versuch im Augenblicke abbrechen, wo die vollständige positive Figur sichtbar, die negative aber noch nicht zum Vorschein gekommen ist. Die Figuren erhalten sich lange und werden dabei dunkler, besonders ist Letzteres mit dem Saume beider Figuren der Fall, der gleich nach der Bildung nach Außen verwaschen, erst mit der Zeit in bestimmteren Unrissen hervortritt.

Entstehung der Ringfiguren.

§. 10.

Die Entstehung der Ringfiguren und ihrer Verschiedenheit an den beiden Elektroden bietet manches Räthselhafte, so daß es nöthig erscheint, streng Das zu sondern, was darüber unzweifelhaft feststeht, von dem, was nur hypothetisch abzuleiten möglich ist.

Die Figuren werden durch eine Veränderung gezeichnet, welche nur die äußerste Oberfläche des Metalles trifft, nebenbei auch durch eine tiefer gehende Veränderung. Diese letztere besteht in einer Zerreißung und Schmelzung der Metallmasse in der Mitte der Figur und deren Nähe, und ist eine bekannte unmittelbare Wirkung der elektrischen Entladung. Wenn ein elektrischer Strom, gleichgültig von welcher Richtung, aus einer vollkommen reinen Metallfläche in Luft übertritt und darin intermittirt, so beginnt die Intermittenz schon im Metalle selbst. Der intermittirende Strom erhitzt, zerreißt, zerschmelzt das Metall, wie er es in einem dünnen Drahte thut, den er durchströmt. Uebersieht man diese Auflockerung des Metalls, die bei einigen Metallen immer eintritt, bei anderen erst nach längerer Einwirkung schwacher Ströme oder sogleich bei Anwendung eines starken Stromes, so ist in der Ringfigur nur eine mittelbare Wirkung des Stromes zu erkennen. De la Rive sah durch den Flammenbogen einer voltaischen Säule auf einer Platinplatte einen runden bläulichen Fleck entstehen, wenn die Platte mit Luft, nicht aber, wenn sie mit Wasserstoffgas umgeben war. Grove konnte in verdünntem Stickstoff- oder Wasserstoffgase keine Figuren erzeugen; ich liefs in verdünntem reinen Wasserstoffgase den Inductionsstrom $2\frac{1}{2}$ Minute zwischen einer Spitze und einer Silberplatte übergehen, ohne eine Färbung zu erhalten, die nach Hinzulassen von Luft in wenigen Sekunden eintrat. Die Elektrizität bildet die Ringfiguren erst bei der Anwesenheit von Sauerstoff.

Die Figuren entstehen nicht auf einer Metallfläche, die mit einer Oel- oder Firnißschicht bekleidet ist. Eine voll-

kommen gereinigte, selbst spiegelhell polirte Fläche ist mit einer fremden Schicht bedeckt, wie die Behauchung zeigt. Diese Schicht wird durch den elektrischen Funken zerrissen und ihre Bestandtheile werden kreisförmig auf die Platte geworfen; denn ehe die Ringfigur sichtbar wird, erscheint bei der Behauchung eine helle Kreisfläche, die häufig von einem Ringe umgeben ist von stärkerer Trübung als der Grund. Es folgt hieraus, daß der elektrische Funkenstrom, der eine Metallplatte trifft, auf dieser eine Kreisfläche von der sie deckenden fremden Schicht befreit, und daß diese gereinigte Stelle durch den Sauerstoff der Luft verändert, also oxydirt wird.

§. 11.

Ist die Ursache der Veränderung des Metalles in den Ringfiguren nicht zweifelhaft, so ist es die Ursache der bestimmten Form um so mehr, welche diese Veränderung erleidet. Da eine Oxydirung des Metalles auch durch Erhitzung bewirkt wird, so vermutheten Priestley und Nobili, daß die Ringfiguren durch die Hitze gebildet werden, welche der Funkenstrom an seiner Eintrittsstelle im Metall erregt. Diese Erklärung ist entschieden ungenügend. Wäre sie nämlich richtig, so müßten die Figuren da am leichtesten entstehen, wo die größte Wärme entsteht und in gegebener Zeit auf die kleinste Stelle beschränkt ist, auf schlechten Leitern der Elektricität und Wärme. Die Figuren entstehen aber bei Weitem am leichtesten auf Silber, sehr vollkommen und leicht auf Kupfer. Beide Metalle sind die besten Elektricitäts- und Wärme-Leiter. Ferner widerspricht die Form der Ringfigur jener Erklärung. Die Wärme könnte nur Scheiben hervorbringen, in welchen die Oxydschicht von der Mitte zum Rande abnähme, die Figuren zeigen aber im Allgemeinen eine oxydirte Scheibe, umgeben von einem blanken weniger oxydirten Gürtel, auf den der wieder stark oxydirte Saum folgt. Zuweilen ist der Mittelpunkt der Centralscheibe hell. Auch ist die Erwärmung im Gürtel keineswegs so hoch, um für sich eine

Oxydation des Metalles zu bewirken. Ich habe die Figuren auf der Metalllegirung dargestellt, die vor Kurzem aus Wismuth, Zinn, Blei und Cadmium zusammengesetzt worden ist und bei 76 Grad Celsius schmilzt. Die positive Figur bestand aus einer dunkeln Scheibe mit geschmolzenen Stellen, aber der lebhaft gefärbte Gürtel war ohne Schmelzung, vollkommen eben und blank. Der Einfluß der Wärme auf die Bildung der Figuren kann daher nur secundär seyn, indem sie die Oxydation des Metalles befördert, aber die Ursache der eigenthümlichen Form und Färbung der Figuren ist sie nicht.

Grove hat zur Erklärung des blanken Gürtels einer Figur, die in einem stark verdünnten Gemenge von Sauerstoff- und Wasserstoffgas gebildet war, angenommen, daß der elektrische Strom nicht allein an der Spitze der Nadel zur Metallfläche übergeht, sondern auch von den Seiten der Nadel, und daß die Theilströme, welche verschiedenen lange Wege zurücklegen, einander durch Interferenz so verändern, daß sie theils oxydirend, theils reducirend wirken. Er schmelzte einen $\frac{1}{8}$ Linie dicken Platindraht in Glas ein, so daß nur seine Endfläche frei blieb, und brachte diese über eine Silberfläche in einem Gemenge aus 5 Vol. Wasserstoff- und 1 Vol. Sauerstoffgas, das zu einem Drucke von $\frac{1}{2}$ Zoll Quecksilber verdünnt war. Als die Silberplatte positive Elektrode eines Stromes vom Inductionsapparate war, bildete diese auf der Platte einen dunkeln runden Fleck, während unter einer unbedeckten Stahlnadel eine mit Ringen erfüllte Scheibe entstand. Ich habe in freier Luft keinen wesentlichen Unterschied der Ringfigur finden können bei nacktem und bekleidetem Drahte. Ein Platindraht, $\frac{1}{8}$ Linie dick, war $\frac{1}{2}$ Linie über einer Kupferplatte aufgestellt, welche die positive Elektrode des, eine Minute anhaltenden, Inductionsstromes bildete. In einem andern Versuche wurde ein gleicher Platindraht angewendet, der aber, in Glas eingeschmolzt, nur eine Endfläche frei hatte. Beide Versuche gaben dieselbe Figur: eine schwarze Scheibe mit blankem Gürtel, in welchem 3 Ringe sichtbar waren,

und einem gelben Saume. Ich habe mit 2 Wollaston'schen Elektroden, deren in Glas eingeschmolzter Platindraht 0,037 Linie dick war, auf Kupfer- und Messingplatten öfter positive und negative Figuren zugleich gebildet, die an Schärfe und Zierlichkeit den mit unbedeckten Stahlnadeln gebildeten wenig nachstanden. Schon die §. 3 aufgeführten Versuche an der Elektrisirmaschine widersprechen der Annahme, daß die Seitenflächen der Nadeln auf die Form der Ringfiguren einen wesentlichen Einfluß haben. Dann würden die Figuren nicht haben gleich seyn können bei einer Neigung der Nadeln von 90 und 45 Graden gegen die Metallfläche. Ich habe diese Versuche am Inductionsapparate wiederholt auf Messing-, Kupfer- und Silberplatten, und keinen wesentlichen Unterschied der Figuren gefunden, die Nadeln mochten normal oder gegen die Platte stark geneigt seyn. Nur auf dem so empfindlichen Silber war mit schiefer Nadel oder Wollaston'scher Elektrode die negative Figur öfter verzerrt als mit unbedeckter normaler Nadel, die positive Figur hingegen stets völlig kreisrund und vollständig ausgebildet.

Es kann also mit Bestimmtheit gesagt werden, daß die Ursache der Form der Ringfiguren weder in der erregten Wärme besteht, noch durch die Seitenfläche der Nadel bestimmt wird.

§. 12.

Die Entstehungsweise des blanken farbigen Gürtels, der zwischen der stark oxydirten Scheibe und dem minder oxydirten Saume liegt, bildet die einzige, oder doch die größte Schwierigkeit bei der Erklärung der Bildung der Ringfiguren. Man könnte, auf jede Erklärung verzichtend, dem elektrischen Strome eine passende Beschaffenheit zuschreiben, und in der Form der Ringfiguren den Nachweis derselben finden wollen. Aber dieser Weg, freilich der leichteste, sich von der Schwierigkeit zu befreien, ist gefährlich, und darf nur nach äußerster Nöthigung genommen werden, wenn alle Versuche fehlgeschlagen sind, eine wirkliche Er-

klärung zu finden, die sich auf bekannte nachweisbare Erscheinungen stützt. Ich will einen solchen Versuch im Folgenden machen.

Die Lichterscheinung, die im Ganzen elektrischer Funke genannt wird, besteht aus einer Menge von Funken, die je nach der Leitung des Stromes, schneller oder langsamer einander folgen. Jeder dieser Partialfunken verändert die ganze Luftstrecke, in welcher er auftritt, indem er einen Theil ihres Sauerstoffes in Ozon verwandelt, einen Theil des Ozon mit dem Stickstoffe zu Salpetersäure verbindet und die so veränderte Luftmasse nach allen Richtungen mit Hefigkeit fortreibt. Entsteht der Funke an einer Metallplatte, so erfolgt das Aufreißen der die Platte deckenden Schicht, die aus condensirten Gasen besteht, die Erwärmung und Auflockerung des Metalles. Bei jedem Funken, der zur Darstellung der Ringfiguren gebraucht wird, treffen die Metallplatte viele Ströme ozonisirter Luft, die ihr in verschiedener Richtung von entfernten Punkten zukommen und sie oxydiren. Unmittelbar an der Oberfläche der Platte entsteht aber gleichfalls ein Strom ozonisirter Luft, von welcher der wirksame Theil sich nur in der Ebene der Platte fortbewegen kann und welcher, der Kürze wegen, der horizontale Strom heißen mag. Aus dem Zusammentreffen des horizontalen Luftstromes und der schief auffallenden Ströme läßt sich die Form der Ringfiguren ableiten. Der horizontale Strom findet nämlich bei seiner Entstehung erhitzen aufgelockertes Metall, das von ihm oxydirt wird und ihn dadurch seines Ozon beraubt. Es wird also dieser Strom bei seiner Fortbewegung immer ärmer an Ozon, und in einiger Entfernung vom Ausgangspunkte nur aus Stickstoff und unverändertem Sauerstoff bestehen. Diese ozonfreie Decke schützt die darunter liegende Metallfläche gegen Oxydierung, es werden die schief auffallenden Luftströme in einer bestimmten Entfernung vom Mittelpunkte der Figur das Metall nicht merklich oxydiren und es erst wieder vermögen, wenn der ozonfreie Luftstrom so langsam und dünn geworden ist, daß jene ihn durchdringen

können. Die Strecke auf der Metallplatte, in welcher die schiefen Ströme ozonisirter Luft nicht wirken, bestimmt die Breite des Gürtels. Demzufolge entsteht die dunkle Scheibe der Ringfigur durch den horizontalen Luftstrom und die von oben auffallenden Ströme, der blanke Gürtel durch den horizontalen, seines Ozon beraubten Strom, und der oxydirte Saum wiederum durch die schiefen Luftströme. Je mehr Funken die Metallplatte treffen, desto weiter muß der horizontale Strom von der Ausgangsstelle, wo er bereits oxydirtes Metall findet, fortgehen, um sein Ozon zu verlieren; die dunkle Scheibe wird breiter und der innere Rand des Saumes rückt nach Außen. Die Schützung des Metalles durch die ozonfreie Decke ist nämlich keineswegs vollkommen, der Gürtel besteht niemals aus unverändertem Metalle, sondern ist stets mit einer Oxydschicht bedeckt, die erst bei bestimmter Dicke sichtbar wird. Der innere Rand des Saumes ist anfangs nicht scharf, wird nur durch den Contrast einer lichtereren und dunkleren Färbung bestimmt, und erscheint daher bei einer fortgeschrittenen Ausbildung der Figur als Theil des Gürtels. Die nach hinlänglicher Funkenzahl lebhaft farbigen Ringe des Gürtels beweisen, daß die Oxydschicht des Gürtels langsamer und regelmäßiger zu Stande gekommen ist, als die Oxydschicht der dunkeln Centralscheibe und des matten Saumes. Bei längerer elektrischer Einwirkung wird natürlich auch der Gürtel matt und seine Farben erblassen.

§. 13. Einzelne Modifikationen der Ringfigur sind dem chemischen Verhalten der Metalle gegen das Ozon zuzuschreiben. Auf Messing, Kupfer, Zink und Neusilber erscheint nach geringer Funkenzahl die Mitte der dunkeln Centralscheibe hell. Diese Metalle bedürfen zur sichtbaren Oxydation einer längeren Einwirkung des Ozon; im Ausgangspunkte des Luftstromes dauert diese Einwirkung die kürzeste Zeit und es bedarf daher einer öfteren Wiederholung des Funkens, diese Stelle zu färben. Auf Wismuth, Antimon, Zinn und Alumin ist die Mitte der Scheibe stets dunkel, der

Gürtel der positiven, wie die Kreisfläche der negativen Figur farbig; es läßt sich anderweitig zeigen, daß diese Metalle durch geringe Mengen von Ozon oxydirt werden. Das Silber ist so empfindlich für Ozon, daß die Luftdecke selten genügt, die negative Figur vor sichtbarer Oxydation zu schützen, daher ist fast immer die negative Fläche gefärbt, und enthält die schönsten Ringe, welche eben eine mäßige Oxydierung verlangen. Wenn beide Figuren gleichmäßig blau gefärbt sind, ist dennoch gewiß, daß die Oxydschicht der positiven Figur dicker ist, als die der negativen und das Blau daher verschiedenen Ringsystemen zugehört.

Daß unter denselben Bedingungen erregte Luftströme eine Metallplatte in so bestimmter Weise treffen, um stets dieselbe regelmäßige und scharfe Figur hervorzubringen, kann nicht auffallen und kommt hier nicht zum Erstenmale vor. Abria¹⁾ hat scharfe und regelmäÙig gestellte Linien in Kreidepulver, das auf eine horizontale Tafel gesiebt war, dadurch hervorgebracht, daß er in einiger Entfernung über der Tafel den Entladungsfunken einer Flasche zwischen 2 Spitzen wiederholt überschlagen lieÙ. Er bewies, daß die Funken nur durch Erschütterung der Luft auf das Kreidepulver wirken, indem er ähnliche Zeichnungen ohne Elektrizität, durch momentane Explosionen hervorbrachte.

§. 14. In der §. 12 angegebenen Weise muß eine Ringfigur derselben Form gebildet werden, die Metallplatte mag positive oder negative Elektrode seyn, vorausgesetzt, daß die Luft an der Platte in beiden Fällen dieselbe Beschaffenheit hat. Diese Voraussetzung ist aber nicht richtig, und zwar um so weniger richtig, je langsamer die Partialfunken einander folgen, die den zur Darstellung der Figur gebrauchten einzelnen Funken bilden. Wenn die Platte positive Elektrode ist, so liegen die Sauerstoffatome der nächsten Luftschicht der Platte näher, als die Stickstoffatome, und das Entgegengesetzte tritt ein, wenn die Platte zur negativen Elektrode gemacht worden. Diese verschiedene Stel-

1) *Annales de chimie* 74. 186. *Pogg. Annalen* * 53. 589.

lung der Bestandtheile der die Platte bespülenden Luft hat Grove mit großer Wahrscheinlichkeit aus Versuchen geschlossen, die ich in der Einleitung ausführlich angegeben und von welchen ich den Hauptversuch mit vollständigem Erfolge wiederholt habe. Ich füllte einen Glascylinder mit reinem Wasserstoffgase, ließ eine bestimmte Menge atmosphärischer Luft hinzu und verdünnte das Gemenge bis $\frac{1}{4}$ Zoll Quecksilberdruck. Es befand sich im Cylinder eine Stahlnadel $\frac{1}{4}$ Linie über der Silberfläche einer Daguerreotyp-Platte. Als die Platte 4 Sekunden lang positive Elektrode im Strome eines Inductionsapparates war, zeigte sich auf ihr eine schön blaue, braungesäumte Scheibe, und diese verschwand gänzlich, wenn die Platte 10 Sekunden lang negative Elektrode war. Als sie wieder positiv gemacht war, erschien auch die Scheibe wieder, (diesmal ganz braun), und verschwand fast gänzlich durch Umkehrung der Pole des Inductionsapparates. So wurde dieser überraschende Versuch 4 bis 5 Mal hintereinander angestellt. Zuletzt verschwand die Scheibe nicht mehr, ging aber, wenn die Platte negativ war, von einem tiefen Schwarzbraun in ein helles Grau über.

Aehnliche Erfolge erhielt Grove, als er an der Stelle von Wasserstoff Stickgas anwandte, und kam zu dem Schlusse, daß vor der Funkenentladung in Gasgemengen ein „Anfang von chemischer Zersetzung“ eintritt, indem der elektropositive Bestandtheil des Gemenges gegen die negative, der elektronegative Bestandtheil gegen die positive Elektrode gerichtet wird, ohne daß aber, wie er ausdrücklich hinzusetzt, eine Fortwanderung der Bestandtheile zu den Elektroden stattfindet¹⁾. Aus dem geringen Erfolge, mit dem Grove seine Versuche an der Elektrisirmaschine wiederholte, wobei er sich wahrscheinlich einer guten Leitung bediente, läßt sich ferner schließen, daß die Richtung der Gastheile nur dann vollständig ist, wenn die Partialentladungen, welche den Funken bilden, eine gewisse Zeit dauern, und daß, wenn ihre Dauer kürzer ist, nur wenige Gastheile eine bestimmte Richtung annehmen.

1) *Philosoph. transactions* * f. 1852, p. 96.

§. 15.

Diese Erfahrungen erklären in einfacher Weise die große Verschiedenheit der positiven und negativen Ringfigur, die ich im zweiten Abschnitte aufgezeigt habe. Wurden die Figuren bei guter Leitung des elektrischen Stromes gebildet, hatte also jeder einzelne Funke eine nur geringe Dauer, so befand sich die Luft an der positiven und an der negativen Stelle der Metallplatte nahe in demselben Zustande. Die Figur wurde daher an beiden Stellen in der §. 12 angegebenen Weise in ziemlich gleicher Form gebildet, sie bestand aus einer matten Scheibe, einem blanken Gürtel und einem matten Saume. War hingegen die Dauer jedes Funkens bedeutend verlängert worden, durch Einschaltung eines langen Drahtes, einer Wassersäule oder durch die Bildung des Stromes am Inductionsapparate, so hatten die Bestandtheile der Luft an den entgegengesetzt elektrischen Stellen der Platte ihre bestimmte Richtung vollständig angenommen. An der positiven Stelle waren in der sie berührenden Luftschicht zwar nicht mehr Sauerstoffatome, als früher, aber diese alle gegen die Platte gekehrt. In dem durch den Funken erzeugten horizontalen Luftstrom kam der ozonisirte Sauerstoff sogleich mit dem Metalle in Berührung, die Scheibe der positiven Figur wurde kleiner und dunkler, als vorher, der Gürtel erhielt seine lebhaften Farbenringe schon nach geringer Funkenzahl, der Saum war stärker gezeichnet. An der negativen Stelle der Platte hingegen war die Luftschicht, welche die Platte berührte, zwar genau von derselben Zusammensetzung, wie an der positiven Stelle, aber ihre Stickstoffatome waren gegen die Platte gekehrt. Der horizontale Luftstrom brachte daher von seinem Ausgangspunkte an nur Stickstoff an das Metall, die Bedingung fehlte zur Bildung der Centralscheibe; die negative Figur zeigte eine blanke Kreisfläche, umgeben von dem Saume, den die schiefen Luftströme gebildet hatten. Hier ist die oben gemachte Bemerkung zu wiederholen, daß die Stickstoffdecke die Oxydirung des Metalles nicht gänzlich verhindert, sondern

nur bedeutend erschwert. Auch die leer erscheinende Fläche ist an manchen Stellen oxydirt, nur, bei geringer Funkenzahl, nicht sichtbar. Wird eine grössere Zahl von Funken angewendet, so wird die Oxydschicht kenntlich in den farbigen Ringen, die in der negativen Figur zuerst an dem innern Rande des Saumes auftreten. Diese nicht sichtbare Oxydierung kommt auch an dem Saume der Figuren vor und ist dann sehr auffallend, indem dadurch die negative Figur gänzlich zu fehlen scheint. Ich habe oben einige Fälle angeführt, die auf mehreren Metallen leicht zu erhalten sind, in welchen von den gleichzeitig durch denselben Strom gebildeten Figuren die positive Figur mit grösster Bestimmtheit, die negative durchaus nicht sichtbar war. Bei leichtem Anhauchen der Platte wird dann die Oxydschicht kenntlich, und auf einigen Metallen (Zinn, Zink, Wismuth) kommt sie nach einiger Zeit dauernd zum Vorschein.

§. 16.

Es sind noch zwei Verschiedenheiten der positiven und negativen Figur zu besprechen, die, zwar untergeordneter Art, dadurch merkwürdig sind, daß sie die Ringfiguren mit den im Uebrigen von ihnen gänzlich getrennten Staubfiguren in Zusammenhang bringen. Die Theile der positiven Figur: Scheibe, Gürtel, Ringe, Saum sind vollkommen scharf und kreisrund, die Theile der negativen Figur: der Saum und die sich daran legenden Ringe häufig verwaschen, verzerrt und unregelmässig gebildet. Ferner ist die Fläche, die von dem positiven Saume eingeschlossen wird, stets kleiner als die von dem negativen Saume eingeschlossene Fläche. Die nächste Ursache dieser beiden Verschiedenheiten ist sichtbar und leicht anzugeben. Die Funken, welche die positive Figur bilden, entstehen immer nahe an derselben Stelle der Metallfläche, dem Fußpunkte der entgegenstehenden Spitze, die Funken der negativen Figur an verschiedenen Stellen. Betrachtet man die Funken bei der gleichzeitigen Bildung beider Figuren, an der Elektrisirmaschine mit Einschaltung einer Wassersäule, so erscheinen die Funken der positiven Figur als gerade, auf der Platte

normal stehende Linien, die Funken der negativen gegen die Platte geneigt und an verschiedenen Stellen derselben. Hat man die Entfernung der Platte von den Spitzen größer als gewöhnlich, etwa 1 Linie, genommen, so ist die verschiedene Lage der Funken so auffallend, daß Jeder die Elektrizitätsart des Conductors mit größter Sicherheit danach bestimmen kann. An dem Inductionsapparate mit Selbstunterbrechung giebt diese Erscheinung zu einer artigen Täuschung Anlaß. Indem das Auge die schnell aufeinander folgenden Funken in der Art combinirt, wie die verschiedenen Zeichnungen auf einem bekannten Spielzeug, so sieht man den Funkenstrom auf der positiven Figur als einen fast unbeweglichen Lichtcylinder, die Funken der negativen Figur als einen beweglichen Lichtkegel, dessen Basis auf der Platte liegt. Häufig erscheint der Kegel gerade, gleichmäßig um seine leuchtende Axe rotirend, dann hat man eine gut geformte negative Figur auf dem Metalle zu erwarten. Zuweilen erscheint ein schiefer Kegel, oder die Rotation stockend, bald nach der einen, bald nach der andern Seite, dann ist die Folge eine unregelmäßige verzerrte Figur. Diese scheinbare Rotation des Lichtes der negativen Figur fehlte zwar bei keinem Metalle, ist mir jedoch, vielleicht aus zufälliger Ursache, auf Gold- und Zinn-Platten am meisten aufgefallen.

Den Grund, daß die negative Elektrizität von der Spitze zur Platte den kürzesten Weg einschlägt, die positive hingegen auch längere Wege wählt, finde ich in der Elektrisirung mit negativer Elektrizität, welche die Metallplatte unter beiden Spitzen erfährt. Jede von den Partialentladungen, welche den elektrischen Funken bilden, reißt erweislich die fremde Schicht auf, welche die Platte deckt und treibt ihre Bestandtheile mit Heftigkeit über die Platte. Diese Schicht besteht, wenn die Platte bereits durch vorangehende Funken gereinigt ist, allein aus condensirtem Wassergase. Es wird also mit jeder Partialentladung feuchte Luft über die Platte getrieben, und die Platte, wie aus

Faraday's Versuchen zu schliessen ist, dadurch negativ elektrisch. Die Elektrisirung der Platte muss am stärksten seyn in einiger Entfernung von der Stelle, wo der Funke die Luft auseinander sprengt, weil dort die reibende Luftmasse grösser ist als am Mittelpunkte der Bewegung. Hiernach findet eine folgende Partialentladung des positiven Funkens, welcher von der Spitze zur Platte geht, eine negativ elektrische Kreisfläche, an welcher der Rand am stärksten elektrisch ist; sie geht also entweder zu dem der Spitze nächsten, schwach elektrischen Mittelpunkte der Kreisfläche, oder zu einem zwar entfernteren, aber stärker elektrischen Punkte ihres Randes. Eine Partialentladung des negativen Funkens wird dagegen nur die Mitte der Kreisfläche treffen, weil der Rand ihm gleichnamig elektrisch ist. Es folgt daraus, dass die negative Figur eine grössere Ausdehnung und unvollkommnere Rundung besitzen muss, als die positive. Es wäre möglich, dass eine äusserlich bewirkte positive Elektrisirung der Platte das Grössenverhältniss der Figuren änderte, doch lässt sich von dem Versuche kein schlagender Erfolg erwarten. Eine dauernde starke Elektrisirung der Platte ist wegen der, ihr nahestehenden Spitzen nicht zu bewirken, und eine schwache Elektrisirung würde nicht vermögen, die durch den heftigen Luftstrom erregte Elektrizität unwirksam zu machen.

Das zuletzt gebrauchte Princip der Erklärung ist dasselbe, durch welches ich die Bildung der Staubfiguren begrifflich zu machen versucht habe¹⁾. Bei diesen Figuren

- 1) Gegen diesen Versuch, der bis heute der einzige geblieben ist, die Entstehung der Staubfiguren wirklich zu erklären, ist Dr. Reitlinger in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie (Bd. 41, S. 358) mit Gründen aufgetreten, die theils auf irrigen Voraussetzungen beruhen, theils mir unerheblich erschienen sind. Der Verfasser der Entgegnung glaubt die Bildung der Staubfiguren durch die Annahme erklären zu können: »dass die von einer positiven Spitze ausgehenden, die Elektrizität übertragenden Theilchen eine eigene Bewegung in der Richtung dieser Uebertragung besitzen, die von einer negativen Spitze ausgehenden Theilchen aber nicht.« — Wenn eine Bewegung von Luft- und Metalltheilen gemeint ist, und andere hier Elektrizität übertragende Theile

ist ebenso, wie bei den Ringfiguren, die unter der positiv elektrischen Spitze gebildete Figur gröfser, als die unter der negativen Spitze entstandene, nur ist das Verhältnifs der Ausdehnung beider Figuren dort viel gröfser, als hier, was bei der isolirenden und leitenden Eigenschaft der Platten, auf welchen die Staubfiguren und die Ringfiguren dargestellt werden, nicht weiter in Verwunderung setzen kann.

kenne ich nicht, so steht die Annahme in Widerspruch mit bekannten Thatsachen.

(Zusatz. August 1861.) Die vorstehende Anmerkung hat den Verfasser veranlafst, nicht etwa, seine Widerlegung und Erklärung schärfer anzusehen und die irrigen Voraussetzungen zu berichtigen (ich hatte ihm diese schon früher in einem ausführlichen Briefe bezeichnet) sondern, seine Angaben und Vorstellungen aufs Neue vorzutragen, unter Anführung abgerissener Sätze aus meinen Arbeiten und häufiger auffallender Verkenennung meiner Meinung. So zum Beispiel: ich habe nie daran gedacht, die Bewegung von Luft- und Metalltheilen an den Elektroden zu bestreiten, wohl aber, dafs diese Bewegung an der negativen Elektrode fehle. Da der Verf. seine Staubfiguren mit dem Inductorium dargestellt hat, so mußte diese Bewegung sogar an der negativen Elektrode viel stärker seyn, als an der positiven. Oder: ich habe niemals die negative Elektrisirung einer Wasserfläche durch einen feuchten Luftstrom für unmöglich erklärt, wie aus einem Citate fälschlich geschlossen wird. Oder: wenn ich die verschiedene Abformung der Ringfiguren durch Luftströme zu erklären suchte, so bildet nicht eine verschiedene Bewegung der Luft an den Elektroden, sondern eine verschiedene Stellung ihrer Bestandtheile das Erklärungsprincip. Oder: wenn der Verf. behauptet, ich nähme bei Ring- und Staubfiguren die gleiche Ursache für die Formverschiedenheit an, so hat er diese mit der Verschiedenheit der Gröfse verwechselt, die ich anhangsweise berührt und ausdrücklich als untergeordnet bezeichnet habe. Oder: wenn ich die Schwäche meiner Erklärung der Staubfiguren zugestand, so kann damit nicht gesagt seyn, dafs ich sie nach irgend welchem Angriffe zurückziehen würde, u. s. w. — Ich lege, heut wie früher, geringen Werth auf jene Erklärung, halte sie aber für unschädlich, weil sie von einer wirklichen Thatsache, nicht von einer dazu eingerichteten Vorstellung ausgeht und werde sie im Augenblicke aufgeben, wo sie mit genügender Sachkenntnifs und Klarheit widerlegt ist, oder dafür etwas Anderes geboten wird, als der schlecht oder gut verhältelte Kreischluss: die beiden Elektricitäten bilden verschiedene Staubfiguren, weil sie die Eigenschaft besitzen, verschiedene Figuren und Lichterscheinungen zu bilden.

II. Erklärung des Vorkommens optisch zweiaxiger Substanzen im rhomboëdrischen System.

*Ein Beitrag zur Krystallphysik;
von Albrecht Schrauf in Wien.*

Die genialen Begründer der Krystallographie haben den Gesetzen des Faches, dem sie angehörten, folgend und gezwungen durch Nothwendigkeit, alle Theorie um sie in der Naturgeschichte anwendbar zu machen, zu specialisiren, die geometrischen Eigenschaften der krystallisirten Körper genau bestimmt und sie in genau bezeichnete Gruppen eingeordnet: so entstanden die sechs Krystallsysteme.

Die Physik der Krystalle hingegen, deren hohes Endziel die Erforschung der Gesetze der Materie und des Aethers ist, hat nicht die Aufgabe die Erscheinungen zu specialisiren, sondern alle unter dem Gesichtspunkt einer Theorie zusammenzufassen. Sie kennt daher von geometrischer Seite nur Krystallsysteme

A. 1) mit rechtwinkligen Axen,
2) mit schiefwinkligen Axen;

hingegen von optischer Seite nur die Phänomene

B. 1) der krystallisirten Isophanen und symmetrisch Anisophanen,
2) der asymmetrisch Anisophanen.

Zu zeigen nun, daß dieser Satz seine vollste Richtigkeit, daß die Gränzen beider Gruppen vollkommen sich decken, mithin A, und B, identisch sind, daher auch das rhomboëdrische Krystallsystem in die Gruppe der von rechtwinkligen Axen ableitbaren Gestalten zu zählen sey, ist das Endziel dieser kurzen Notiz. Da nun dieser Beweis zugleich die Erklärung des Vorkommens zweiaxiger Substanzen im rhomboëdrischen Systeme darbietet, so sind hiedurch auch die vielen Anfechtungen widerlegt, welche in letzter Zeit die sechs Krystallsysteme, woraus die oben angeführten großen physikalischen Krystallgruppen gebildet

sind, erlitten haben; denn mit dem Zeitpunkte, wo die Hilfsmittel der Beobachtung die nöthige Genauigkeit erreicht hatten, traten Differenzen zu Tage, welche die Theorie der sechs Krystallsysteme vielfach in Frage stellten. Der erste, welcher auf Winkelanomalien aufmerksam machte, war Breithaupt; Baudrimont wollte sogar eine eigne Doctrin hiefür, die er Teratologie (*Comptes rendus* 1847) nannte, gegründet wissen; allein noch bedeutend größere Wichtigkeit haben die Entdeckungen Marbach's über die Einaxigkeit tesseraler Körper, die von Reich, Breithaupt und Jenksch über die Zweiaxigkeit pyramidalen und rhomboëdrischen Gestalten, die Untersuchungen von Grailich, Senarmont, Silliman über die Varietäten des Glimmers, so wie die von Descloizeau über das chromsaure Kali, und diese sind es, welche allseitiges Bedenken erregen.

Wohl fanden die zuerst erwähnten Abnormitäten im tesseralen Systeme durch Biot's Lamellenpolarisation ihre gründliche Erklärung; sollte hingegen durch genauere krystallographische Untersuchungen festgestellt werden, dass Winkeldifferenzen sich ergeben, so folgt hieraus, dass die drei gleich langen Axen des tesseralen Systems ungleich lang, daher die Substanz wirklich *pyramidal* und *einaxig* seyn müsse. Während aber für das tesserale System die eben erwähnten zwei Erklärungen vorhanden sind, wird hingegen für das pyramidale und rhomboëdrische die durch Lamellenpolarisation ¹⁾ sehr abgeschwächt, da dieselbe ihre Hauptwirkung nur dann hat, wenn man den ganzen Krystall aus aufeinander gelegten Lamellen betrachtet, und die hierdurch bewirkte Aenderung des unpolarisirten Lichtes ist nahezu analog mit der, welche eine einaxige Substanz zu erzeugen vermag. Ist daher bei einer pyramidalen Substanz eine Zweiaxigkeit erwiesen, so kann sie nur dadurch erklärt werden, dass eben die genaueren Winkelmessungen

1) Lamellenpolarisation kann wohl das mittlere Gesichtsfeld erhellen, allein nie bewirken, dass sich das Kreuz einaxiger Körper beim Drehen der Hauptschnittsebene abwechselnd schließt und öffnet, und nur dies ist das Kennzeichen der zweiaxigen Substanzen.

dieses Stoffes Differenzen geben werden, welche nöthigen anzunehmen, die pyramidalen Axen sind nicht gleich lang, daher die Substanz dem prismatischen Systeme¹⁾ angehörig.

Aus dem eben Gesagten ist es ersichtlich, dafs für die tesseralen und pyramidalen Gestalten kein Bindeglied nöthig ist, da eben hier nur die absolute Gröfse der senkrechten Axen das entscheidende Moment bildet und diese sowie jede andere menschliche Erkenntnifs durch den Fortschritt der Wissenschaft auf sein richtiges Maafs zurückgeführt wird; und die streng beibehaltene Definition des Systems wird immer die vollkommene und richtige Erklärung des Phänomens darbieten.

Bedeutende Schwierigkeiten bieten hingegen die Erscheinungen beim rhomboëdrischen Systeme. Wollte man durch Aenderung der Krystallaxenlängen dieselben erklären, so würde man mit den Erscheinungen selbst in Collision gerathen. Eine Aenderung der Axenlängen Miller's führt uns ins triklinische System; die der von Naumann oder Weifs entweder zu einem ganz neuen oder unsymmetrischen vieraxigen Krystallsystem oder zum monoklinischen; während die optischen Verhältnisse noch fortwährend die Symmetrie der Krystallgestalt verlangen.

In diesem Punkte ist es ein Verdienst Breithaupt's, die Lücke in der Wissenschaft angezeigt zu haben, obgleich sein Versuch der Erklärung unbefriedigend genannt werden kann, da er die wenigen Ausnahmefälle nicht als Ausnahmen erklärte sondern durch und für sie neue Gesetze und Systeme schaffen wollte.

Seine Angaben in Bezug auf die Zweiaxigkeit konnte ich durch die Güte meines Vorstandes des Hrn. Directors

- 1) Wenn ich hier beim pyramidalen so wie später beim hexagonalen Systeme dem Grundsatz folge, dafs bei beiden, in ihrer strengen geometrischen Form Einaxigkeit herrschen soll, so hat dieß seinen Grund in den Resultaten meiner Untersuchungen, welche mir zeigten, dafs selbst im prismatischen Systeme, wenn der Winkel um die mittlere Elasticitätsaxe nahe 90° oder 60° ist, die Elasticitätsaxen, welche mit den Diagonalen dieses Prismenwinkels zusammenfallen, einander nahezu gleich sind.

des KK. Hofmineralienkabinetts Dr. M. Hörnes revidiren; und ich fand Platten von Beryll der Fundorte Nertschinak und Elba; von Apatit, von Jumilla, Gotthard, Zillerthal; und Turmalin von Elba zweiaxig mit einem Axenwinkel von 1 bis 3 Grade.

Alle diese Substanzen haben innere Zwillungstellungen und Lamellen, welche oft das ganze Gesichtsfeld zu erbel- len und das schwarze Kreuz zu verwischen vermögen, al- lein jede Platte hat einige homogene Parthien, welche im Nörrenberg'schen Polarisations-Mikroskope ein vollkom- men geschlossenes Kreuz zeigen und eben diese Parthien zeigen bei Drehung der Polarisationssebene der Nikols um je 45° ein abwechselndes Schließen und Oeffnen des Kreu- zes, das einzig sichere Kennzeichen der optischen Zweiaxig- keit.

Sobald das Faktum für mich sicher gestellt war, konnte ich mich mit den wenigen theoretischen Ansichten nicht be- gnügen, welche über dieses Faktum bekannt sind und ich hoffe eine wirkliche und gründliche Erklärung in folgenden Sätzen gefunden zu haben; welche ich in optische und geo- metrische eintheile.

I. Optische Verhältnisse des rhomboëdrischen Systems.

Ohne auf die allgemeinen Lichtgleichungen einzugehen, welche mehr als genügend darstellen, daß alle optischen Phänomene sich auf die allgemeine Form von Bewegungs- gleichungen zurückführen lassen, will ich vielmehr nur die einfachere Form der Wellenbewegung in anisophanen Kör- pern der Betrachtung unterziehen.

Die Wellenfläche der zweiaxigen Substanzen ist nun be- kanntlich

$$\frac{\cos^2 x}{V^2 - A^2} + \frac{\cos^2 y}{V^2 - B^2} + \frac{\cos^2 z}{V^2 - C^2} = 0$$

oder setzt man $B = C$ auch

$\cos^2 x (V^2 - B^2) + \cos^2 y (V^2 - A^2) + \cos^2 z (V^2 - A^2) = 0$
da aber V zugleich der Radiusvector ist, so ist $\cos^2 x + \cos^2 y$
= $\sin^2 x$ daher

$V^2 = A^2 \sin^2 x + B^2 \cos^2 x$,
was die Gleichung der Wellenfläche einaxiger Krystalle ist.

Diese bekannte Ableitung lehrt nun, daß sich die Wellenfläche einaxiger Krystalle nicht nur von den allgemeinen Bewegungsgleichungen durch Einführung gewisser Hypothesen ableiten läßt, sondern, daß *ohne Trennung* die Gleichungen bis zum Cauchy'schen Polarisationsellipsoid zu führen sind, welches drei senkrechte Axen besitzt. Da nun die Wellenfläche einaxiger Substanzen ohne Aenderung der Axenlage oder eine andere Annahme als die der Gleichheit zweier Brechungsexponenten ableitbar ist, so sind die drei senkrechten Axen erhalten geblieben.

Betrachtet man hingegen die Erscheinungen der planparallelen Platten im polarisirten Lichte, so ist bekanntlich nach den Untersuchungen von Delezenne und Grailich für die Stellen (Kreuz und Hyperbel), wo vollkommene Dunkelheit herrscht, folgende Gleichung gültig.

Unter der Voraussetzung, daß φ die Neigung der ursprünglichen Polarisation gegen den optischen Hauptschnitt, x, y die Coordinaten, 2α der Axenwinkel, ist nämlich

$$y^2 - x^2 + 2xy \cotg 2\varphi + a^2 = 0.$$

Transformirt man xy in ξ und η mittelst

$$x = \xi \cos \alpha - \eta \sin \alpha, \quad y = \xi \sin \alpha + \eta \cos \alpha,$$

so folgt

$$\eta^2 - \xi^2 = \frac{a^2}{(1 + \cotg^2 2\varphi)^{\frac{1}{2}}},$$

woraus hervorgeht, daß die Hyperbel eine rechtwinklige ist, mithin $a = 0$, d. i. beim Uebergang zu den einaxigen Körpern, wird

$$\eta^2 = \xi^2,$$

dies ist die Gleichung des schwarzen Kreuzes einaxiger Substanzen. Aehnlich verhält es sich mit den Kreisen, welche ein specieller Fall von den durch Zech bestimmten Lemniscaten sind.

Durch diese Sätze ist es erwiesen, daß die Erscheinungen der optisch einaxigen Körper nur ein Gränzglied der

Zweiaxigen sind, denn die Functionen, welche die Phänomene bestimmen, sind *stetige*; die Natur kennt keine bestimmte Trennung zwischen ein- und zweiaxig, indem keine Discontinuität, kein Durchgang durch 0, sondern ein *stetiges* ¹⁾ Verlaufen stattfindet. Will man daher den Begriff Einaxigkeit beibehalten, so hat dieser nur dann zu gelten, wenn die *absolute* Gleichheit zweier Elasticitätsaxen vorhanden ist; wäre die Abweichung hiervon auch noch so gering, so ist dieser Begriff unstatthaft und die Substanz muß als zweiaxig betrachtet werden; da ja letzterer Begriff der allgemeine, während der erste der specielle und *als solcher keiner Erweiterung* ²⁾ fähig ist.

Anderseits ist es wieder nöthig, daß alle Erscheinungen einaxiger Substanzen, eben als specielle Fälle sich auf drei rechtwinklige Elasticitätsaxen zurückführen lassen müssen. Jede Theorie, welche für diese Substanzen selbstständige Gleichungen aufstellt, tritt aus dem Connex mit den übrigen Systemen und verliert den Zusammenhang der Erscheinungen. Es ist daher das rhomboëdrische System und seine Phänomene auf drei senkrechte Elasticitätsaxen zurückzuführen.

II. Geometrische Relationen.

Um von geometrischer Seite die eingangs erwähnten Phänomene beim rhomboëdrischen System zu erklären, müßte für den geometrischen Ausdruck der Krystallgestalt eine *symmetrische, stetige* Function aufgestellt werden, welche ähnlich der für die optischen Eigenschaften geltenden, einen allmählichen Uebergang in eine ähnliche symmetrische Form gestattet. Allein sowohl die Function des hexagonalen System' Naumann's, wie die des rhomboëdrischen System'

1) Zweiaxig — einaxig — isophan.

2) Aus diesem Grunde muß ich mir auch erlauben, gegen den Gebrauch der Worte »nahe einaxig« »nahe zweiaxig«, welche Breithaupt öfter anwendet, zu protestiren, da die Regeln der Logik denselben vollkommen verbieten.

Miller's¹⁾ ist *unstetig*; ändert sich die Gröfse der Axen um das geringste, so erhalten wir vollkommen *asymmetrische* triklinische Functionen, welche dann auch eine vollkommene *Asymmetrie* der optischen Erscheinungen erfordern, was aber den Beobachtungen vollkommen widerspricht.

Man könnte vielleicht an dieser Stelle den Einwurf machen, dafs so geringe Differenzen, welche in ein asymmetrisches Krystallsystem führen, nicht nothwendig die optische Asymmetrie begründen können und müssen, allein es ist vielfach erwiesen, dafs die geringste Abweichung in krystallographischer Beziehung die Phänomene ungemein afficirt, und die kaum merkbare Asymmetrie die vollkommenste Dispersion der Hauptschnitte bewirkt; es ist ferner von Angström und Grailich der mathematische Beweis geliefert worden, dafs die Asymmetrie der Krystallgestalt, durch den Einfluss der Materie auf die Schwingungen, die Abhängigkeit der Elasticitätsaxen von λ^2 bewirkt. Da nun aber in den untersuchten Ausnahmen des rhomboëdrischen Systems keine Abhängigkeit der Elasticitätsaxenrichtungen von der Wellenlänge nachzuweisen ist, so darf auch *kein*

- 1) Ich erlaube mir einige Aeußerungen Naumann's über die Systeme von Miller und Weiss anzuführen. Naumann sagt über ersteres in seinen Elementen der Krystallographie S. 186: »Das Axensystem (Miller's) besteht aus drei gleich geneigten und gleichwerthigen Axen. Obgleich diese Ansicht für die Rechnung manche Bequemlichkeit darbietet, so können wir uns derselben doch nicht anschließen, weil sie die Hauptaxe gänzlich vernachlässigt, — —, weil bei ihrer Anwendung die Analogien zwischen dem Hexagonal- und Tetragonalsysteme mehr oder weniger verloren geht. Will man aber nur ein rhomboëdrisches System anerkennen, — —, so ignorirt man gänzlich das eigentliche holoëdrische Fundament des Krystallsystems. Hingegen über das von ihm selbst adoptirte System von Weiss äußert er sich in seiner Krystallographie I., 354. folgendermaßen: » —; allein die Rechnungsoperationen selbst können, — mit jener Voraussetzung (4 Axen Weiss) nicht bestehen, weil die vierte Axe ein für den Calcül ganz unbrauchbares Element ist; —. Die Calcüle selbst müssen daher auch im Gebiete dieses Systems auf ein subsidiarisches gewähltes dreizähliges Axensystem gegründet werden.« [Naumann wählt nun *kein* rechtwinkliges sondern ein monoklinisches dreizähliges Axensystem.]

Uebergang der rhomboëdrischen Substanz in eine asymmetrische Form vorausgesetzt werden.

Mit der Möglichkeit für das rhomboëdrische System eine symmetrische Function aufzustellen, welche Stetigkeit des Uebergangs besitzt, wäre daher auch die Möglichkeit einer Erklärung der bisher unerklärten Phänomene gegeben; den Nachweis des Vorhandenseyns einer symmetrischen Function werde ich abweichend von den Grundanschauungen Miller's und Naumann's in nachstehenden Zeilen liefern.

Beginnt man eine Untersuchung über die Gestalten des rhomboëdrischen Systems mit den holoëdrischen Formen, nämlich mit dem Dihexaëder, so läßt sich das Grundgesetz in folgender Fassung ausdrücken: 1) die sechs Flächen sind gleichgeneigt gegen die Endfläche, 2) sind die sechs Neigungswinkel von je zwei Nachbarflächen einander gleich. Es sind also, wenn ich die Neumann'sche Kugelprojection anwende (Fig. 15, Taf. II).

$$1) aP = bP = cP = a'P = b'P = c'P$$

$$2) ab = bc = ca = a'b' = b'c' = c'a$$

Ohne weitere Hypothesen anzunehmen, müssen diese Sätze genügen, sowohl für jede folgende Theorie, als auch um die Uebereinstimmung mit den bisherigen bekannten zu zeigen.

Aus dem Satz 2) folgt da $\cos ab = \cos bc$ etc. auch $\varphi_1 = \varphi_2$ etc. oder

$$\Sigma(\varphi) = 360^\circ \text{ oder } \varphi = 60^\circ.$$

Mithin folgt ganz richtig aus den gemachten Annahmen das für das rhomboëdrische System nöthige Princip der Gleichheit der Prismenwinkel.

Wählt man nun ferner aus den sechs Flächen zwei beliebige b und c' als Pyramidenflächen, so ist wegen der Gleichung 1) die Normale von P eine Axe 001, (mithin fällt diese Axe mit der rhomboëdrischen Hauptaxe zusammen) und die symmetrisch gegenüberliegenden Pyramiden b' und c müssen die vier Octaëder der obern Kugelhälfte bilden. Hierbei ist jede unzulässige Hypothese ausgeschieden und nur von der bekannten Thatsache Gebrauch gemacht wor-

den, daß man vier in einer Kugelhälfte symmetrisch um den Mittelpunkt liegende Flächen als Octaëder betrachten kann.

Zieht man nun durch zwei dieser Octaëder, welche um 2φ von einander entfernt sind, einen größten Kreis der Kugel, mit der Bedingung, daß die Durchschnittspunkte desselben mit dem Grundkreise zugleich die Halbierungspunkte beider sind, so wird dessen Projection in N und N' schneiden; diese Punkte nun werden die Normalorte der zweiten Axe 010 seyn, welche *senkrecht* auf der ersten steht. Da nun aus der Definition der Octaëder folgt, daß

$$Nb = N'c'$$

ferner aus 2)

$$ab = ac'$$

so muß

$$Na = N'a$$

das heißt: a in einer Zone liegen, welche von N und N' gleich weit entfernt ist; daher

ferner aus 3)

$$Na = N'a = 90^\circ$$

Die Zone Pa wird daher den Grundkreis in MM' durchschneiden, welche in Folge von 3) *senkrecht* gegen N und P ist.

Es ist nun ferner der Beweis zu führen, daß mit der Annahme dieser drei senkrechten Axen zugleich die einfachsten Zahlenverhältnisse der Indices sich ergeben; d. h. ob nämlich unter der Voraussetzung $P=001$, $M=100$, $N=010$, $b=111$ sich für a ein einfacher Index ergibt, welcher mit den Grundsätzen 1) und 2) in keinem Widerspruch steht.

In der Folge der Zonenverhältnisse ist $f = [010, 111]$ $[001, 100]$ und daher

$$\tan Pf = \tan Pb \cos \varphi$$

da aber in jedem System mit rechtwinkligen Axen sich

$$\frac{\tan Pm}{\tan Pm'} = \frac{h}{h'} = \gamma$$

verhält, so folgt, daß

$\tan g Pa = \gamma \tan g Pf = \gamma \tan g Pb \cos \varphi$,
da aber in Folge des Grundsatzes 2)

$$\gamma \cos \varphi = 1 \text{ und } \gamma = 2,$$

so ist also der Index von

$$a = 201.$$

Das bisher gewonnene Resultat läßt sich nun folgendermaßen stylisiren:

Die Voraussetzung dreier rechtwinkligen Axen (100):

$(110):(001)=1:\frac{1}{\sqrt{3}}:\frac{1}{2} \tan g \alpha$ steht mit den Grundannahmen des rhomboëdrischen Systems nicht in Widerspruch, wenn von den 6 in eine Kugelhälfte entfallenden Dihexaëderflächen 4 als Hauptpyramide und 2 als Domen mit dem Index 201 bezeichnet werden.

In den vorhergehenden Zeilen ward auf eine sehr einfache theoretische Weise der Beweis geliefert, daß die Grundgestalt des hexagonalen Systems sich ungezwungen von drei rechtwinkligen Axen ableiten läßt. Da nun hinlänglich bekannt ist, daß vom Dihexaëder alle rhomboëdrischen Formen ableitbar sind, so will ich eine allgemeine Deduction derselben als überflüssig vermeiden und nur auf einige wichtige Punkte, welche zugleich Stützen meiner Theorie sind, aufmerksam machen.

Es ist nämlich vor allem der Einwand zu beseitigen, daß zur Ableitung der Rhomboëder und Scalenoëder Annahmen gemacht werden müßten, welche der Natur rechtwinkliger Axen vielleicht widersprächen.

Betrachten wir vor allem das Grundrhomboëder Fig. 16, Taf. II, so ist dasselbe eine hemimorphe Form der sechsseitigen Pyramide Fig. 17 und daher aus den Flächen (201), $(\bar{1}11)$, $(\bar{1}\bar{1}1)$ gebildet. Dieß ist aber zugleich die Form der parallelen Hemiëdrie des prismatischen Systems.

Dieselbe parallele Hemiëdrie bildet die sechsseitigen Scalenoëder; dieselben sind nämlich durch die Flächen von drei Pyramiden gebildet, deren je 4 und zwar nach dem Gesetz der parallellflächigen Hemiëdrie ausgebildet sind, und zwar liegen immer 2 derselben im Nachbarquadranten,

so dafs von keiner Tetartoëdrie der Kugelfläche zu sprechen ist. Während nun bei den gewöhnlichen Scenoëdern zwei nebeneinander liegende Quadranten zur Ausbildung gelangten, sind hingegen bei Quarz und Apatit zwei gegenüber liegende, und zwar bei Quarz mit geneigtflächiger, bei Apatit mit parallelfächiger Hemiëdrie vorhanden.

Die 12flächige Pyramide ist die holoëdrische Form der erwähnten sechsflächigen Scenoëder, und die Indices der diese Form bildenden Pyramidenflächen sind durch folgendes Gesetz mit einander verbunden:

$$h' = 3k \pm h$$

$$k' = k \pm h$$

$$l = 2l,$$

wobei die Variation der Vorzeichen von h' und k' die 12 auf der positiven Seite der Hauptaxe liegenden Flächen bestimmt.

Die parallele Hemiëdrie erzeugt aus dieser Form, wie schon gesagt, das 6flächige *ungleichseitige* Scenoëder, hingegen das Vorhandenseyn einer der 4 Bedingungen

$$1) h = k, \quad 2) h = 3k, \quad 3) h = 0 \quad 4) k = 0$$

die 6flächige *gleichseitige* Pyramide.

Betrachtet man nun die Methode der Berechnung, so stimmt dieselbe mit der des prismatischen Systems vollkommen überein, und hat daher in Vergleich mit den bisher bekannten Methoden des hexagonalen Systems den sehr grofsen Vorthail der Einfachheit für sich, da die schiefwinkligen Axen wegfallen. Ich werde mir nun erlauben, einige *neue*, für die Rechnung wichtige Formeln, welche die Distanzen als Functionen der Indices darstellen, zu geben; es sind dies folgende:

$$a : b : c = 1 : \frac{1}{\sqrt{3}} : \frac{1}{2} M$$

$$\tan^2 (001) (111) = M^2$$

$$\tan^2 (001) (hkl) = \frac{M^2 h^2 + M^2 k^2}{4l^2}$$

$$\tan^2 (010) (hkl) = \frac{4l^2 + 3M^2 k^2}{M^2 h^2}$$

$$\tan^2 (100) (hkl) = \frac{4l^2 + M^2 h^2}{3M^2 k^2}$$

$$\cos [(p q o)(100) - (h k o)(100)] = \sqrt{3} \frac{h p + 3 k q}{\sqrt{[(3 h p + 9 k q)^2 + (3 k p - 3 h q)^2]}}$$

Die übrigen Formeln ergeben sich leicht bei Anwendung der sphärischen Geometrie, ich habe sie daher übergangen und bemerke nur noch das $c = (001) =$ die rhomboëdrische Hauptaxe ist.

Aus dem bisher Gesagten ist es vollkommen klar, daß mit den Grundbedingungen des rhomboëdrischen Systems in vollendetster Uebereinstimmung nicht nur das rhomboëdrische System Miller's und das hexagonale Naumann's und Weifs' sind, sondern auch die Annahme dreier rechtwinkliger Axen. Letzteres System will ich eben deshalb mit dem Namen *orthohexagonal* belegen.

Um nun den innern Connex dieser Systeme aufzuhellen, gebe ich im nachfolgenden die allgemeinen bisher unbekannten Transformationsgleichungen:

Seyen $h k l$ die Indices des orthohexagonalen Systems, wobei l die Hauptaxe, und $h : k = \sqrt{3} : 1$; — $u v w$ die Indices Miller's, wobei 001 zwischen \bar{h} und \bar{k} ,

100 in h

010 zwischen \bar{h} und \bar{k} fällt — ferner

a_1, a_2, a_3, c die *reciproken* Indices von Weifs, wobei c die Hauptaxe und $a_3 = a_2 - a_1$ ist; so folgt:

Orthohexagonal	Miller	Weifs
h	$2u - v - w$	$2a_1 - a_2$
k	$v - w$	a_2
l	$u + v + w$	c
$2h + 2l$	u	$2a_1 - a_2 + c$
$-h + 3k + 2l$	v	$-a_1 + 2a_2 + c$
$-k - 3k + 2l$	w	$-a_1 - a_2 + c$
$\frac{h+k}{2}$	$u - w$	a_1
k	$v - w$	a_2
$\frac{k-h}{2}$	$v - u$	a_3
l	$u + v + w$	c

Zur praktischen Vergleichung gebe ich nur noch die Indices¹⁾ der bekanntesten Flächen des Apatits, wobei zugleich die Tafeln Kokscharow's die Lage und den Connex deutlich ersichtlich machen.

Orthohexagonal	Miller	Naumann	Weifs	Kokscharow
$\Sigma (111)$	$\Sigma (100)$	P	$a:a:\infty a:c$	x
$\Sigma (112)$	$\Sigma (110)$	$\frac{1}{2}P$	$a:a:\infty a:\frac{1}{2}c$	r
$\Sigma (221)$	$\Sigma (111)$	$2P$	$a:a:\infty a:2c$	y
$\Sigma (311)$	$\Sigma (142)$	$2P2$	$2a:a:2a:2c$	s
$\Sigma (131)$	$\Sigma (524)$	$\frac{1}{2}(3P\frac{1}{2})$	$a:\frac{1}{2}a:\frac{1}{2}a:c$	m
$\Sigma (241)$	$\Sigma (212)$	$\frac{1}{2}(4P\frac{1}{2})$	$a:\frac{1}{2}a:\frac{1}{2}a:c$	n
$\Sigma (110)$	$\Sigma (211)$	∞P	$a:a:\infty a:\infty c$	M
$\Sigma (310)$	$\Sigma (011)$	$\infty P2$	$2a:a:2a:\infty c$	u
001	111	0P	$\infty a:\infty a:\infty a:c$	P

Eine noch gröfsere Vereinfachung als die Berechnung erfährt die Construction der rhomboëdrischen Gestalten. Jede zweckmäfsige und einfache Constructionsmethode wird von der Mohs'schen axinometrischen Methode ausgehen, welche sich ebenso einfach und in allen Fällen verläfslich zeigt, wie die Neumann-Miller'sche Kugelprojection; für beides sind *alle anderen Methoden*, wie sehr sie auch manchmal angerühmt sind, unzulänglich, allzu complicirt, und erreichen erst durch Combination das Ziel: »ein vollkommenes Bild des Krystalls darzustellen.« Allein bei der Zeichnung der hexagonalen Substanzen verlässt Mohs seine bei den übrigen Systemen befolgte Methode; legt man aber hier der Construction die drei senkrechten Axen des orthohexagonalen Systems zu Grunde, befolgt also die axinometrische Methode; so lassen sich auf eine ungemein einfache und absolut genaue Weise alle Combinationen, selbst die der schwierigsten Art, lösen. Für die Construction

1) Die Summenzeichen zeigen das Vorhandenseyn der analogen nach den bekannten Gleichungen zu bildenden Flächen an.

des regulären gleichseitigen Sechsecks bemerke ich, daß, wenn man die zwei orthohexagonalen Axen

$$h : k = 100 : 010 = \sqrt{3} : 1$$

als Ordinaten und Abscissenaxe betrachtet, also

$$h = x, \quad k = y$$

die 6 Linien, wobei die möglichen Zeichenwechsel zu beachten sind, folgende Gleichungen haben:

$$[110] \quad x = \sqrt{3}, \quad y = 1$$

$$[100] \quad x = \frac{\sqrt{3}}{2}, \quad y = 0$$

Es wurde nun in dem Vorhergehenden der strenge Beweis geliefert, daß die Gestalten des rhomboëdrischen Systems sich durchweg von drei senkrechten Axen ableiten lassen; im Nachfolgenden sollen einige mögliche Einwürfe besprochen und die gewonnenen Grundsätze und Resultate zur Erreichung des eingangs gesteckten Zieles benutzt werden.

Vor allem könnte man mir den Einwurf machen, daß auf synthetischem Wege, durch Transformation der Coordinaten man immer die Möglichkeit besitzt, ein rechtwinkliges Axensystem zu substituiren; allein erstens ist dies für das rhomboëdrische System bisjetzt in wissenschaftlicher Beziehung nicht geschehen, zweitens besteht ein großer Unterschied zwischen dem Beziehen auf ein willkürliches und dem auf jenes Axensystem, welches alle Verhältnisse strenge und einfach darstellt, und mit den physikalischen Eigenschaften in Einklang steht. Würde die Möglichkeit vorhanden gewesen seyn, die Verhältnisse des monoklinischen Systems einfach und in Zusammenhang mit den physikalischen Eigenschaften streng auf ein rechtwinkliges Axensystem zu beziehen, man würde gewiß den schon betretenen Pfad nicht verlassen und schiefwinklige Axen angenommen haben. Man darf ja nie übersehen, daß die Krystalle nicht bloß, nach geometrischen Gesetzen zu betrachtende Moleculcomplexe sind, sondern vielmehr auch andere physikalische Eigenschaften besitzen, welche letz-

tere
fluß
E
hex
statl
dingt
keit
tisch
statth
weise
eben
Sym

A
habe
halte
zuste
Ziel

U
durch
stellt
bleib
statte
Geht
so fi
Krys
Brei
Da
gen
des
mit
nabe
unter
so f
Elast
vom

tere auf die allgemeinen Anschauungsweisen gewaltigen Einfluß zu üben berufen sind.

Einige Härteversuche gegen die Möglichkeit des orthohexagonalen Systems sprechen zu lassen, ist ebenfalls unstatthaft, da es bewiesen, daß diese von der Cohäsion bedingt ist, während eben für letztere und deren Abhängigkeit von den Krystallaxen (deutlich zeigt dies das prismatische System) noch kein Gesetz bekannt ist; ebenso unstatthaft wäre es einen Einwurf gegen die Bezeichnungsweise zu erheben, da ja Miller, Weifs, Naumann ebenfalls durch Variation und Ableitungsgleichungen die Symbole der homologen Flächen bilden.

Alle übrigen Consequenzen, welche ich noch entwickelt habe und die besonders manch interessantes optisches Verhalten prismatischer Krystalle enthüllen, will ich hier darzustellen mich enthalten und nur noch mein eigentliches Ziel zu erreichen suchen.

Ueberblickt man meine Untersuchungen, so erhellt, daß durch sie eine *symmetrisch geometrische* Function aufgestellt wird, welche auch bei Aenderungen noch symmetrisch bleibt und nie eine *asymmetrische* Gestalt abzuleiten gestattet, daher die *Dispersion der Hauptschnitte* ausschließt. Geht man nun auf die bekannten Erscheinungen zurück, so findet man, daß Apatit, Beryll, Turmalin zweiaxig sind, Krystalle deren rhomboëdrischer Habitus (mit Ausnahme Breithaupt's frühern Messungen) nicht bezweifelt ward. Da man nun mit Recht gewöhnt ist (aus den optischen Eigenschaften prismatischer Krystalle ist mir die Ableitung des Grundsatzes gelungen, daß die Elasticitätsaxen, welche mit den Diagonalen eines Prisma von 60° zusammenfallen, nahe gleich sind) als Merkmal der Einaxigkeit die oben unter 1) und 2) aufgestellten Eigenschaften zu betrachten, so folgt, daß das Ungleichwerden der gleichseynsollenden Elasticitätsaxen, also der Uebergang zur Zweiaxigkeit, oder vom *speciellen* zum *allgemeinen* Fall, auch ein Verlassen

des *speciellen* geometrischen (rhomboëdrischen) Charakters zur Folge haben müsse.

Dies ist aber nur durch Aenderung der Axenlängen zu erreichen. Da nun eine solche Aenderung im orthohexagonalen Systeme den Uebergang in das prismatische bewirkt, also die *Identität des optischen und krystallographischen Charakters* aufrecht erhält, so ist eben mit der Annahme der rechtwinkligen Axen des orthohexagonalen Systems die Erklärung des Phänomens gegeben.

Es reduciren sich unter dieser Voraussetzung die bisher beobachteten Thatsachen auf eine genauere Bestimmung von Constanten, welche mit dem Fortschritt der Wissenschaft möglich ward, und mit der Theorie im vollsten Einklang steht. Es wird sich durch genauere mit den feinsten Hilfsmitteln unternommene Messungen zeigen, ob in der That an diesen Substanzen nachweisbare Differenzen vorkommen. Ohne meinen Untersuchungen vorzugreifen, kann ich schon jetzt behaupten, an *Apatit* Winkeldifferenzen gefunden zu haben, welche auf den prismatischen Charakter deuten, allein dieselben nicht so prononcirt, wie Breithaupt angiebt, und erfordern eine Genauigkeit, bei welcher die Fehler des Beobachters und des Instruments 15 Sekunden nicht übersteigen. Allein zu Gunsten meiner Theorie darf ich nicht bloß bei dieser Thatsache stehen bleiben, sondern auch noch erinnern, daß in keinem andern Systeme so viele Verwechselungen vorgekommen sind, wie zwischen rhomboëdrisch und prismatisch. Meine Theorie erklärt leicht diese Erscheinung, so wie die *bisher unerklärten* Variationen des Glimmers, indem sie die Möglichkeit zeigt, daß bei Glimmer bei nahezu constanter Krystallgestalt die optischen Eigenschaften mit der Dichte ¹⁾ variiren können.

Ebenso wie im tesserale und pyramidalen Systeme ist es nun auch im orthohexagonalen möglich vom Speciellen zum Allgemeinen aufzusteigen, und die Charaktere der ein-

1) Ein Fall, welcher ebenfalls in den Grundsätzen meiner letztthin publicirten Abhandlung seine vollkommene Erklärung findet.

zelen Systeme sind jetzt alle in der Eigenschaft von *symmetrisch stetigen* Functionen der Axenlängen dargestellt. Es sind nun die Kennzeichen des

tesseralen $a : b : c = 1 : 1 : 1$

pyramidalen $= 1 : 1 : 1$

orthohexagonalen $= \sqrt{3} : 1 : 1$

prismatischen Systems $= h : 1 : 1$

Hiermit ist der eingangs aufgestellte Satz bewiesen, dass: *die Gruppen der geometrischen und optischen Eigenschaften sich decken und der Gruppe der isophanen und symmetrisch anisophanen Körper auch die einfache geometrische Ableitbarkeit von drei senkrechten Axen entspricht.*

Diese Anschauungen, welche ich hier aufgestellt habe, sind für Krystallophysik von Wichtigkeit, da sie die homologe Bildung der Elasticitätsaxen mit den Krystallaxen zeigen; auf die blofs naturgeschichtlichen Untersuchungen haben sie hingegen keinen Einfluss, da man das orthohexagonale ebenso wie das rhomboëdrische System getrennt vom prismatischen bestehen lassen kann, und nur jene Substanzen wirklich in das prismatische eingereiht werden müssen, bei denen Winkeldifferenzen nachzuweisen gelungen ist.

Denn verschieden von der Naturgeschichte hat die Physik der Krystalle nicht die Aufgabe der Specialisirung, sondern vielmehr alle Erscheinungen unter die größern Umrisse einer Theorie zu vereinigen, welche alle und selbst die scheinbar widersprechendsten Phänomene gründlich zu erklären im Stande ist.

III. Bestimmung der Schwingungsrichtung des Lichtäthers durch die Reflexion und Brechung des Lichtes; von W. Lorenz.

Der gegenwärtige Aufsatz schließt sich zweien anderen an, die ich im Bd. 111 dieser Annalen veröffentlicht habe. Nachdem ich hier die Richtung der Schwingungen des Lichtäthers durch die *Beugung* des Lichtes zu bestimmen gesucht hatte, war es mir in dem zweiten Aufsätze angelegen gewesen, die Bedeutung der Jamin'schen Versuche zur Entscheidung dieser Frage zu entkräften, indem auf eine sehr einfache Erklärungsweise derselben aufmerksam gemacht wurde, die die Frage ganz unentschieden läßt.

Die Richtigkeit der Fresnel'schen Intensitätsformeln, jetzt mit Inbegriff der Jamin'schen Correction, ist bekanntlich durch Versuche bestätigt. Durch eigene Versuche über die Drehung der Polarisationssebene durch Brechung, wo selbst bei einer Drehung von 18° der beobachtete Werth nicht 12 Minuten von dem berechneten abwich, habe ich mich auch selbst überzeugt, daß Abweichungen von den Formeln, wenn solche überhaupt stattfinden, wenigstens sehr klein seyn müssen, und für den Zweck des gegenwärtigen Aufsatzes ist es hinreichend, nur dieses festzustellen.

Die Berechnung der Intensität des reflectirten und gebrochenen Lichtes ist so oft gemacht worden, daß es unnöthig scheinen möchte, dieselbe wieder aufzunehmen, wenn man nicht, je nach den gemachten Voraussetzungen, zu so entgegengesetzten Resultaten gekommen wäre, daß für den Augenblick die Frage in vollständige Verwirrung gerathen ist. Um den endlichen Schluß rücksichtlich der Schwingungsrichtung des Lichtäthers ziehen zu können, habe ich daher alle zweifelhaften oder bezweifelten Voraussetzungen, so wie die der Gleichheit der Druckkräfte und Verschiebungen an beiden Seiten der Gränzfläche vermieden, und

die Rechnung auf die allgemeinen Gesetze der Bewegung elastischer Körper zurückgeführt.

Ich lege die ebene Gränzfläche der beiden Mittel parallel zur Coordinatenebene (yz), und nehme nun ganz im Allgemeinen an, daß sowohl die Dichtigkeit als die Elasticität des Aethers Functionen von x sind. Die unter dieser Voraussetzung gebildeten Differentialgleichungen der Bewegung transformire ich in solcher Weise, daß sie integriert werden können, wenn nachher angenommen wird, daß die Dichtigkeit und die Elasticität des Aethers nur zwischen Werthen von x , die einander sehr nahe liegen ($x > 0$ und $x < \epsilon$), variabel sind, außerhalb dieser Grenzen dagegen constant.

Es seyen die Componenten der Bewegung nach den drei Axen mit ξ , η , ζ ; die normalen Druckkräfte mit N_1 , N_2 , N_3 und die tangentiellen mit T_1 , T_2 , T_3 bezeichnet. Diese Elasticitätskräfte sind bekanntlich durch folgende Gleichungen bestimmt:

$$N_1 = \lambda \theta + 2\mu \frac{d\xi}{dx} \quad T_1 = \mu \left(\frac{d\eta}{dx} + \frac{d\zeta}{d\eta} \right)$$

$$N_2 = \lambda \theta + 2\mu \frac{d\eta}{d\eta} \quad T_2 = \mu \left(\frac{d\zeta}{dx} + \frac{d\xi}{dz} \right)$$

$$N_3 = \lambda \theta + 2\mu \frac{d\zeta}{dz} \quad T_3 = \mu \left(\frac{d\xi}{dz} + \frac{d\eta}{dx} \right);$$

indem λ und μ die von x abhängigen Elasticitätscoefficienten sind und

$$\theta = \frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz}.$$

Wir erhalten ferner die Gesetze der Bewegung, wenn t die Zeit und ρ die variable Dichtigkeit des Aethers sind, durch die folgenden Differentialgleichungen ausgedrückt:

$$\frac{dN_1}{dx} + \frac{dT_2}{dy} + \frac{dT_3}{dz} = \rho \frac{d^2\xi}{dt^2} \quad \dots \quad (1)$$

$$\frac{dT_1}{dx} + \frac{dN_2}{dy} + \frac{dT_3}{dz} = \rho \frac{d^2\eta}{dt^2} \quad \dots \quad (2)$$

$$\frac{dT_2}{dx} + \frac{dT_1}{dy} + \frac{dN_3}{dz} = \rho \frac{d^2\zeta}{dt^2} \quad \dots \quad (3)$$

Diese Gleichungen werden durch Integrale von der Form

$$f = \varphi(x) e^{(kt - nx) \sqrt{-1}}$$

befriedigt, und wir gebrauchen keine allgemeinere Integrale aufzusuchen, indem wir die Einfallsebene des Lichts in der Ebene der xz oder die Wellenfläche parallel zur Axe der y fallen lassen. Also haben wir

$$\frac{df}{dx} = k\sqrt{-1}f, \quad \frac{df}{dz} = -n\sqrt{-1}f, \quad \frac{df}{dy} = 0.$$

Werden ferner die Schwingungen in Componenten parallel und senkrecht zur Axe der y zerlegt, so können wir jede dieser Componenten für sich behandeln.

Wenn die Schwingungen *parallel zur Axe der y* vor sich gehen, werden $\xi = 0$ und $\zeta = 0$, und aus der Gleichung (2) ergibt sich

$$\frac{d}{dx} \left[\mu \frac{d\eta}{dx} \right] + \mu \left(\frac{d\delta}{dx} \right)^2 \eta = 0 \quad (4)$$

indem wir

$$\frac{d\delta}{dx} = \sqrt{\frac{k^2 \varphi}{\mu} - n^2}$$

setzen

Diese Gleichung, eine allgemeine lineare Differentialgleichung zweiter Ordnung, läßt sich durch eine neue Funktion U und eine neue Variable u in einer anderen Form darstellen. Man setze nämlich

$$\eta = e^{u - \delta \sqrt{-1}} \left[U - \frac{dU}{du} \right] \quad (5)$$

während U die Gleichung

$$\frac{d}{du} \left[e^{-2\delta \sqrt{-1}} \frac{dU}{du} \right] = e^{-2\delta \sqrt{-1}} U \quad (6)$$

befriedigen soll.

Suchen wir die Werthe der Differentialcoefficienten von η , nämlich

$$\begin{aligned} \frac{d\eta}{dx} &= -\sqrt{-1} \frac{d\delta}{dx} e^{u - \delta \sqrt{-1}} \left[U + \frac{dU}{du} \right], \\ \frac{d^2\eta}{dx^2} &= \left[2 \frac{du}{dx} + \frac{d^2\delta}{dx^2} \right] \frac{d\eta}{dx} - \left(\frac{d\delta}{dx} \right)^2 \eta, \end{aligned}$$

und werden diese Werthe in die Gleichung (4) eingesetzt, so ergibt sich

$$2 \frac{du}{dx} + \frac{d \frac{\delta}{dx}}{dx} + \frac{d \mu}{dx} = 0.$$

Die Variable u ist nun durch Integration dieser Gleichung und Einführung der Constanten c bestimmt, nämlich

$$C e^{-u} = \sqrt{\mu \frac{\delta}{dx}} \dots \dots (7)$$

und es wird nun die Aufgabe, die Gleichung (5) zu integrieren. Die arbiträren Constanten, die in das Integral eingehen, können wir vorläufig willkürlich bestimmen, indem wir

$$U = 1 \text{ für } u = u_\alpha$$

$$\frac{dU}{du} = 0 \text{ für } u = u_\beta$$

setzen, und das Integral wird so durch die folgende Reihe ausgedrückt werden:

$$U = 1 - \int_{u_\alpha}^u du_1 \int_{u_1}^{u_\beta} du_2 e^{2(-\delta_2 + \delta_1) \sqrt{-1}}$$

$$+ \int_{u_\alpha}^u du_1 \int_{u_1}^{u_\beta} du_2 \int_{u_2}^{u_\alpha} du_3 \int_{u_3}^{u_\beta} du_4 e^{2(-\delta_4 + \delta_3 - \delta_2 + \delta_1) \sqrt{-1}} \quad (8)$$

wo $\delta_1, \delta_2 \dots$ dieselben Functionen von den respectiven Variablen sind, wie δ von u .

Wir nehmen nun an, daß μ, ϱ und somit u und $\frac{d\delta}{dx}$ nur zwischen sehr engen Gränzen ($x > 0$ und $x < \varepsilon$) variabel sind, außerhalb derselben dagegen constant. Im ersten Mittel ($x > 0$) seyen sie denn durch $\mu_1, \varrho_1, u_\alpha$ und l_1 , im zweiten durch $\mu_2, \varrho_2, u_\beta$ und l_2 bezeichnet.

Da wir also

$$\frac{d\delta}{dx} = l_1 \text{ oder } \delta = l_1 x \text{ für } x < 0,$$

$$\frac{d\delta}{dx} = l_2 \text{ oder } \delta = l_2 x \text{ für } x > \varepsilon$$

setzen, wird δ zwischen den genannten Gränzen stetig von Null in $l_1 \varepsilon$ übergehen, und also hier als eine kleine GröÙe betrachtet werden können. Ferner verschwinden in der Reihe (8) die Differentiale $du_1, du_2 \dots$ und somit alle Elemente der Integrale auÙerhalb der Gränzen, weshalb auch hier $\delta_1, \delta_2 \dots$ sehr klein werden. Dagegen geht in der Reihe für $\frac{dU}{du}$, nämlich

$$\frac{dU}{du} = -e^{2\delta V-1} \left(\int_u^{u_\beta} du_1 e^{-2\delta_1 V-1} - \int_u^{u_\beta} du_1 \int_{u_\alpha}^{u_1} du_2 \int_{u_1}^{u_\beta} du_3 e^{2(-\delta_3+\delta_2-\delta_1)V-1} + \dots \right) \quad (9)$$

$e^{2\delta V-1}$ auÙerhalb der Integrale als Faktor ein, und darf hier nicht vernachlässigt werden.

Die Reihen summiren sich nun leicht, wenn ε mit Null identisch gemacht wird, und wir erhalten

$$U = \frac{e^{u-u_\beta} + e^{u_\beta-u}}{e^{u_\alpha-u_\beta} + e^{u_\beta-u_\alpha}} \dots \dots \dots (10)$$

$$\frac{dU}{du} = e^{2\delta V-1} \frac{e^{u-u_\beta} - e^{u_\beta-u}}{e^{u_\alpha-u_\beta} + e^{u_\beta-u_\alpha}} \dots \dots \dots (11)$$

Werden nun diese beiden Werthe in die Gleichung (5) eingesetzt, ferner u und δ durch ihre bekannten Werthe ausgedrückt, so ergibt sich:

für x negativ

$$\eta = \frac{c}{V_{\mu_1 l_1}} \left[e^{-l_1 x V-1} - \frac{\mu_2 l_2 - \mu_1 l_1}{\mu_2 l_2 + \mu_1 l_1} e^{l_1 x V-1} \right];$$

für x positiv

$$\eta = \frac{c}{V_{\mu_1 l_1}} \cdot \frac{2\mu_1 l_1}{\mu_2 l_2 + \mu_1 l_1} e^{-l_2 x V-1}.$$

Es läÙt sich nun hieraus das allgemeine Integral der Gleichung (4) leicht bilden, nämlich

$$\left. \begin{aligned} \eta &= \eta_1 \left[\cos(c - l_1 x) - \frac{\mu_2 l_2 - \mu_1 l_1}{\mu_2 l_2 + \mu_1 l_1} \cos(c + l_1 x) \right], & x < 0, \\ \eta &= \eta_1 \frac{2\mu_1 l_1}{\mu_2 l_2 + \mu_1 l_1} \cos(c - l_2 x), & x > 0 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Im gegenwärtigen Falle haben wir $c = kt - nz$ zu setzen. Es geht also hervor, daß sich aus der einfallenden ebenen Welle eine reflectirte und eine gebrochene ebene Welle bilden. Bezeichnen wir den Einfallswinkel mit α , den Brechungswinkel mit β , so ist

$$\sin \alpha = \frac{n}{\sqrt{l_1^2 + n^2}}, \quad \sin \beta = \frac{n}{\sqrt{l_2^2 + n^2}}$$

und führen wir diese neuen Größen in die Gleichung (12) ein, indem wir für l_1 und l_2 ihre Werthe $n \cotg \alpha$ und $n \cotg \beta$ einsetzen, so finden wir für die Amplituden des reflectirten und des gebrochenen Strahles

$$\eta_1 \frac{\mu_1 \lg \beta - \mu_2 \lg \alpha}{\mu_1 \lg \beta + \mu_2 \lg \alpha} \quad \text{und} \quad \eta_1 \frac{2\mu_1 \lg \beta}{\mu_1 \lg \beta + \mu_2 \lg \alpha},$$

während die Amplitude des einfallenden Strahles η_1 ist.

Nehmen wir nun mit Fresnel an, daß der Elasticitätscoefficient μ des Aethers constant ist ($\mu_1 = \mu_2$), so kommen wir auch zu seinen Formeln für das in der Einfallsebene polarisirte Licht. Nehmen wir dagegen die Dichtigkeit constant ($\frac{\mu_1}{\sin^2 \alpha} = \frac{\mu_2}{\sin^2 \beta}$), und messen wir die Intensität des Lichtes durch das Quadrat der Amplitude mit der Dichtigkeit multiplicirt, so finden wir für die beiden Strahlen dieselben Intensitäten, die Fresnel für das senkrecht zur Einfallsebene polarisirte Licht angegeben hat. Es stimmt also das Resultat in beiden Fällen mit den Versuchen überein, nur ist es nothwendig entweder die eine oder die andere Voraussetzung zu machen.

Ferner findet man leicht, daß die Verschiebungen η und die Druckkräfte T_z auf beiden Seiten der Gränzfläche (yz) gleich sind. Wir hätten auch direct durch eine andere Methode, die in dem folgenden angewendet werden wird, dieses Resultat erlangen können, woraus sich denn wieder die Verschiebungen ergeben würden. Ich bin aber der

hier angewendeten Methode gefolgt, weil sich auf diese Weise der nächste Schritt am leichtesten machen läßt, wenn nämlich das Brechungsverhältniß sich nur allmählich ändert, das heißt, wenn ϵ sehr klein, nicht aber mit Null identisch wird, da wir in diesem Falle nur zu den Reihen (8) und (9), oder zur Gleichung (6) zurückzugehen haben. Da aber nur die Reihe (9) für den reflectirten Strahl von physikalischer Bedeutung wird, und dieselbe schon früher (Pogg. Ann. Bd. 111, S. 466) von mir ausführlich behandelt worden ist, so begnüge ich mich hier auf diesen Aufsatz zu verweisen. Zur Vergleichung bemerke ich nur, daß δ dort den doppelten Werth hat und daß die vorkommenden mehrfachen Integrationen in der umgekehrten Ordnung genommen sind, was aber doch auf die Form der Reihe für den reflectirten Strahl keinen Einfluß hat.

Wenn die Schwingungen des Lichtäthers *senkrecht zur Axe der y*, also in der Einfallsebene liegen, so werden die Gleichungen der Bewegung (1) und (3):

$$\frac{d}{dx} \left[\lambda \theta + 2\mu \frac{d\zeta}{dx} \right] - n\sqrt{-1} \mu \frac{d\zeta}{dx} + \mu \left(\frac{d\delta}{dx} \right)^2 \zeta = 0 \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} \mu \left[\frac{d\zeta}{dx} - n\sqrt{-1} \xi \right] - n\sqrt{-1} \lambda \frac{d\xi}{dx} \\ + (\lambda + 2\mu) \left(\frac{d\delta}{dx} \right)^2 \zeta = 0 \quad (14) \end{aligned}$$

indem

$$\sqrt{\frac{k^2 \varrho}{\mu} - n^2} = \frac{d\delta}{dx} \quad \text{und} \quad \sqrt{\frac{k^2 \varrho}{\lambda + 2\mu} - n^2} = \frac{d\delta'}{dx}$$

gesetzt wird.

Wir führen nun vier neue Functionen φ , ψ , φ' , ψ' durch die folgenden Gleichungen ein:

$$\xi = n(\varphi - \psi) + \frac{d\delta'}{dx} (\varphi' + \psi') \quad . \quad . \quad (15)$$

$$\frac{d\xi}{dx} = -\sqrt{-1} \left[n \frac{d\delta}{dx} (\varphi + \psi) + \left(\frac{d\delta'}{dx} \right)^2 (\varphi' - \psi') \right] \quad (16)$$

$$\zeta = -\frac{d\delta}{dx} (\varphi + \psi) + n(\varphi' - \psi') \quad . \quad . \quad (17)$$

$$\frac{d\zeta}{dx} = -\sqrt{-1} \left[-\left(\frac{d\delta}{dx} \right)^2 (\varphi - \psi) + n \frac{d\delta'}{dx} (\varphi' + \psi') \right] \quad . \quad (18)$$

Aus diesen vier Gleichungen können zwei Differentialgleichungen gebildet werden, welche in Verbindung mit den beiden ursprünglichen, nachdem ξ u. s. w. durch die neuen Functionen ausgedrückt sind, vier Differentialgleichungen zur Bestimmung der neuen Functionen geben.

Um die weitere Rechnung zu erleichtern führen wir eine Bezeichnung d_1 ein, die vor die verschiedenen Functionen $\varphi, \psi, \varphi', \psi'$ gesetzt eine etwas verschiedene Bedeutung hat, die durch die folgenden Gleichungen ausgedrückt ist:

$$\frac{d_1 \varphi k}{dx} = e^{-\delta \sqrt{-1}} \frac{d\varphi e^{\delta \sqrt{-1}}}{dx} k, \quad \frac{d_1 \psi k}{dx} = e^{\delta \sqrt{-1}} \frac{d\psi e^{-\delta \sqrt{-1}}}{dx} k,$$

$$\frac{d_1 \varphi' k}{dx} = e^{-\delta' \sqrt{-1}} \frac{d\varphi' e^{\delta' \sqrt{-1}}}{dx} k, \quad \frac{d_1 \psi' k}{dx} = e^{\delta' \sqrt{-1}} \frac{d\psi' e^{-\delta' \sqrt{-1}}}{dx} k,$$

wo k eine beliebige Function ist. Aus diesen Gleichungen ergibt sich ferner

$$\frac{d\varphi k}{dx} = \frac{d_1 \varphi k}{dx} - \sqrt{-1} \frac{d\delta}{dx} \varphi k, \quad \frac{d\psi k}{dx} = \frac{d_1 \psi k}{dx} + \sqrt{-1} \frac{d\delta}{dx} \psi k,$$

u. s. w.

Bilden wir so aus der Gleichung (15) den Ausdruck für $\frac{d\xi}{dx}$, so erhalten wir mit Hülfe der Gleichung (16):

$$\frac{d_1 n \varphi}{dx} - \frac{d_1 n \psi}{dx} + \frac{d_1 \frac{d\delta'}{dx} \varphi'}{dx} + \frac{d_1 \frac{d\delta}{dx} \psi'}{dx} = 0,$$

oder einfach

$$\frac{d_1 \xi}{dx} = 0 \quad \dots \quad (19).$$

Auf dieselbe Weise ergeben die beiden nächsten Gleichungen

$$\frac{d_1 \zeta}{dx} = 0 \quad \dots \quad (20).$$

Ferner finden wir

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} \left[\lambda \theta + 2\mu \frac{d\xi}{dx} \right] &= \frac{d_1}{dx} \left[\lambda \theta + 2\mu \frac{d\xi}{dx} \right] - 2n\mu \left(\frac{d\delta}{dx} \right)^2 (\varphi - \psi) \\ &\quad - \frac{d\delta'}{dx} \left[\lambda n^2 + (\lambda + 2\mu) \left(\frac{d\delta'}{dx} \right)^2 \right] (\varphi' + \psi'). \end{aligned}$$

Beachtet man aber die Werthe von $\frac{d\delta}{dx}$ und $\frac{d\delta'}{dx}$, so findet man

$$\lambda n^2 + (\lambda + 2\mu) \left(\frac{d\delta'}{dx} \right)^2 = \mu \left(\frac{d\delta}{dx} \right)^2 - n^2 \mu,$$

wodurch die beiden letzten Glieder der Gleichung gleich $-\mu \left(\frac{d\delta}{dx} \right)^2 \xi + n\sqrt{-1} \mu \frac{d\xi}{dx}$ werden. Aus der Differentialgleichung (13) ergibt sich also

$$\frac{d}{dx} \left[\lambda \theta + 2\mu \frac{d\xi}{dx} \right] = 0 \text{ oder } \frac{dN_1}{dx} = 0 \quad . \quad . \quad (21).$$

In derselben Weise giebt die Gleichung (14):

$$\frac{d}{dx} \mu \left[\frac{d\xi}{dx} - n\sqrt{-1} \xi \right] = 0 \text{ oder } \frac{dT_2}{dx} = 0 \quad . \quad (22).$$

Wir nehmen nun wie früher an, daß λ , μ , ρ und somit $\frac{d\delta}{dx}$, $\frac{d\delta'}{dx}$ nur zwischen sehr engen Gränzen ($x > 0$ und $x < \epsilon$) variabel sind, außerhalb derselben dagegen constant.

Setzen wir also

$$\delta = l_1 x, \quad \delta' = l'_1 x \text{ für } x > 0$$

$$\delta = l_2 x, \quad \delta' = l'_2 x \text{ für } x < \epsilon$$

so werden δ und δ' zwischen diesen Gränzen von Null in $l_1 \epsilon$ und $l'_2 \epsilon$ stetig übergehen, und als sehr kleine Größen hier betrachtet werden können.

Entwickeln wir nun zum Beispiel in der Gleichung

$$\frac{d_1 \varphi k}{dx} dx = e^{-\delta \sqrt{-1}} \frac{d \varphi e^{\delta \sqrt{-1} k}}{dx} dx$$

den Factor $e^{-\delta \sqrt{-1}}$ nach Potenzen von δ , und integrieren wir von $x=0$ bis $x=\epsilon$, so wird offenbar das erste Glied sehr groß gegen alle folgende Glieder seyn, und die letzteren können daher vernachlässigt werden, wenn das Integral nicht unendlich wird. In derselben Weise schließen wir, daß sich aus der Gleichung (19) oder $\frac{d_1 \xi}{dx} = 0$, durch Integration zwischen den genannten Gränzen

$$[\xi]^{x=0} = [\xi]^{x=\epsilon} \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

so wie aus den folgenden Gleichungen

$$[\zeta]^{x=0} = [\zeta]^{x=1} \quad (24)$$

$$[N_1]^{x=0} = [N_1]^{x=1} \quad (25)$$

$$[T_2]^{x=0} = [T_2]^{x=1} \quad (26)$$

ergeben wird.

Es geht also hervor, daß die Composanten der Verschiebungen und die Druckkräfte an beiden Seiten der Gränzfläche gleich sind.

Aus den Gleichungen (15) und (17) ersieht man leicht, daß φ und ψ den transversalen, φ' und ψ' den longitudinalen Schwingungen entsprechen, und daß ψ und ψ' der reflectirten Welle, wenn φ und φ' der einfallenden angehören. Bezeichnen wir also diese Functionen an der Gränzfläche mit den Indices 1 und 2 für das erste und zweite Mittel, und machen wir ψ_2 und ψ'_2 gleich Null, da die reflectirten Strahlen nur im ersten Mittel existiren, so werden nun die letzten vier Gleichungen, nach einer kleinen Transformation der dritten Gleichung, indem $\mu \left[n^2 + \left(\frac{d\delta}{dx} \right)^2 \right]$ statt $(\lambda + 2\mu) \left[n^2 + \left(\frac{d\delta}{dx} \right)^2 \right]$ eingesetzt wird:

$$n(\varphi_1 - \psi_1) + l_1(\varphi'_1 + \psi'_1) = n\varphi_2 + l_2\varphi'_2 \quad (27)$$

$$-l_1(\varphi_1 + \psi_1) + n(\varphi'_1 - \psi'_1) = -l_2\varphi_2 + n\varphi'_2 \quad (28)$$

$$2nl_1(\varphi_1 + \psi_1) + (l_1^2 - n^2)(\varphi'_1 - \psi'_1) \\ = \frac{\mu_2}{\mu_1} [2nl_2\varphi_2 + (l_2^2 - n^2)\varphi'_2] \quad (29)$$

$$-(l_1^2 - n^2)(\varphi_1 - \psi_1) + 2nl_1(\varphi'_1 + \psi'_1) \\ = \frac{\mu_2}{\mu_1} [-(l_2^2 - n^2)\varphi_2 + 2nl_2\varphi'_2] \quad (30)$$

Für den gegenwärtigen Zweck können wir uns beschränken, diese Gleichungen in einem besonderen Falle zu lösen. Wir nehmen an, daß die beiden Mittel nur unendlich wenig von einander verschieden sind, und daß die einfallenden Strahlen nur transversale Schwingungen enthalten. Also ist $\varphi'_1 = 0$ und die Größen ψ_1 , ψ'_1 , $\varphi_2 - \varphi_1$, φ'_2 werden unendlich klein. Ferner vertauschen wir l_1 , l_2 und μ_1 mit l , l , μ , und l_1 , l_2 , μ_2 mit $l + dl$, $l + dl$, $\mu + d\mu$. Die Größen ψ'_1 und φ'_2 lassen sich nun

sehr leicht eliminiren und aus den zwei genommenen Gleichungen ergibt sich dann

$$\varphi_2 = \varphi_1 \left[1 - \frac{n^2 + 3l^2}{n^2 + l^2} \cdot \frac{dl}{2l} - \frac{d\mu}{2\mu} \right],$$

$$\psi_1 = \varphi_1 \left[\frac{n^2 - l^2}{n^2 + l^2} \cdot \frac{dl}{2l} + \frac{3n^2 - l^2}{n^2 + l^2} \cdot \frac{d\mu}{2\mu} \right]$$

Aus diesen Werthen leiten sich die Amplituden der einfallenden, reflectirten und gebrochenen Welle leicht ab, denn sie verhalten sich wie

$$\varphi_1 : \psi_1 : \left(1 + \frac{l dl}{n^2 + l^2} \right) \varphi_2.$$

Bezeichnen wir nun wie früher den Einfallswinkel mit α , und setzen wir

$$\cotg \alpha = \frac{l}{n}, \quad -\frac{d\alpha}{\sin^2 \alpha} = \frac{dl}{n},$$

so ergibt sich für das Verhältniß der drei Amplituden

$$1 : \frac{d\alpha}{\lg 2\alpha} + (3 \sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha) \frac{d\mu}{2\mu} : 1 + \frac{d\alpha}{\sin 2\alpha} - \frac{d\mu}{2\mu} \quad (31).$$

Die Fresnel'schen Intensitätsformeln, die auch für zwei unendlich wenig verschiedene brechende Mittel gelten müssen, stimmen nun mit diesem Resultate *nur in dem Falle* überein, daß μ *constant* ist, in dem entgegengesetzten Falle aber nicht.

Aus den Verhältnissen (31) können wir, wie ich schon früher (Pogg. Ann. Bd. 111, S. 460) gezeigt habe, die Amplituden der reflectirten und gebrochenen Strahlen für *endlich* verschiedene Mittel berechnen, wenn von den longitudinalen Schwingungen abgesehen wird.

Um sich über diese letzteren eine richtige Vorstellung zu bilden, muß man beachten, daß l imaginär wird für $\sin^2 \alpha > \frac{\mu}{\lambda + 2\mu}$, also wenigstens wenn der Einfallswinkel 45° überschreitet und wahrscheinlich auch für weit kleinere Einfallswinkel. Die Wellen verbreiten sich in diesem Falle ganz wie die Oberflächewellen einer Flüssigkeit längs der Gränzfläche und nehmen mit dem Abstände von dieser Fläche schnell ab. Diese longitudinalen, oder wie wir sie

lieber nennen mögen, Oberfläche-Wellen, bringen wieder transversale Schwingungen von der ursprünglichen Art hervor; berücksichtigt man diese, oder nimmt man sogleich einen endlichen Unterschied der beiden Mittel an, so stimmen die Resultate nicht mehr mit der Erfahrung überein. Man ist also genöthigt anzunehmen, daß die Oberflächenwellen aus irgend einem Grunde nicht im Stande sind wieder transversale Schwingungen von der ursprünglichen Art hervorzubringen.

Bekanntlich hat man immer eine Absorption angenommen, und diese durch Einführung eines Absorptions-Coëfficienten näher zu bestimmen gesucht. Allein jede Rechnung mit einem solchen Coëfficienten schließt implicite in sich eine Theorie der unvollkommen elastischen Körper und wir sind noch weit davon, eine solche begründen zu können. Deshalb kann man auch mit diesem Coëfficienten *jedes beliebige Resultat* erlangen, es kommt nur darauf an, wie man denselben einführen will und nach welchen Gesetzen man die Druckkräfte berechnen will.

Auf einem solchen Boden läßt sich kein sicherer Schritt weiter machen. Ich habe mich daher auf alle diese Schwierigkeiten nicht eingelassen, ich habe gar keine Absorption oder Mangel an Elasticität des Aethers angenommen, die unendlich kleinen longitudinalen Schwingungen bilden sich wirklich beim Uebergange des Lichtes an jeder consecutiven Schicht — nun aber habe ich angenommen, daß diese Schwingungen aus irgend einem Grunde nicht im Stande sind transversale Schwingungen von der ursprünglichen Art hervorzubringen. Vielleicht kann man diesen Grund darin suchen, daß die Gränzfläche keine absolute Ebene ist, weshalb die Oberflächenwellen mehrmalige Reflexionen erleiden und dadurch ihren ursprünglichen Charakter verlieren müssen.

Das gewonnene Resultat schließt die Möglichkeit, die Dichtigkeit des Aethers sey constant, völlig aus, und wir machen also den Schluss, daß der Elasticitätscoëfficient μ des Aethers (über den eigentlichen Zusammendrückbarkeits-Coëfficienten λ wissen wir dagegen gar nichts) in allen

durchsichtigen, unkrystallinischen Körpern und im leeren Raume derselbe ist. Daraus folgt nun weiter, *dass die Schwingungen des Lichtäthers senkrecht zur Polarisations-ebene sind.*

Copenhagen den 28. Juni 1861.

IV. Ueber die näheren Bestandtheile des Meteoreisens; von Frhrn. v. Reichenbach.

XVI.

Das Bandeisen.

Die fünfzehnte dieser Abhandlungen beschäftigte sich mit dem ersten Gliede der Trias in den Meteoriten, dem Balkeneisen oder Kamacit; hier wollen wir zum zweiten Gliede in derselben fortschreiten, dem schon mehrfach erwähnten **Bandeisen**.

Wenn man ein Stück Meteoreisen, das die Bedingungen zu Widmannstätten'schen Figuren enthält, zerschneidet und polirt, so zeigt es in der Regel nichts als eine spiegelblanke, gleichfarbige Eisenfläche. Man sieht daraus, dass die verschiedenen Bestandtheile, welche hiebei in die Schnittfläche zu liegen kommen, alle von gleicher Farbe und gleicher scheinbarer Dichtigkeit sind und mit dem Auge nicht unterschieden werden können. Beispiele der Art sind Agram, Charlotte, Carthago, Schwetz, Louisiana, Madoc, Putnam, Bohumiliz, Sarepta, Tula, Bata u. v. a. Diese Bestandtheile sind aber die Glieder der Trias und unter ihnen auch das Bandeisen, womit wir uns hier beschäftigen wollen, für sich und ohne fremde Einwirkung erlitten zu haben, vollkommen gleichfarbig mit dem Balkeneisen, (Kamacit), von dem bereits die Rede war und mit dem Fülleisen, von

dem wir bald zu reden hoffen. Zwischen beiden aber liegt das Bandedisen mitten inne.

Anders aber wird es damit, wenn man eine solche polirte Eisenfläche entweder *in der Hitze zum Anlaufen* bringt, oder sie mit *verdünnten Säuren anätzt*. Bei Ersterem bildet sich in der Hitze auf der Oberfläche eine feine Oxydschicht; man weiß, daß sie sich im luftleeren Raume nicht bildet und daß angelaufenes Eisen im Wasserstoffgase aufs Neue erhitzt, seine Farben wieder verliert. Die Anlaufhitze ist für Stahl bei gelb 230° C., bei purperroth 263°, bei sattblau 290°. Allein dieser Farbenwechsel auf der Oberfläche ist eine Interferenzerscheinung des Lichtes, wozu die dünne und halbdurchsichtige Oxydschicht, je nach ihrer Dicke und Erhitzung die geeigneten Umstände darbietet. Bei einem von den genannten Hitzgraden läuft das Meteoreisen an, jedoch nicht einfarbig auf seiner ganzen Oberfläche, wie der Stahl dieß thut, sondern mit verschiedenen Farben. Und zwar sind es die verschiedenen Eisenarten (s. v. o.), welche bei gleichen Hitzgraden verschiedene Farben annehmen. Wenn das Balkeneisen (Kamacit) schon dunkelblau geworden ist, so erscheint das Fülleisen bläulich roth, das Bandedisen aber goldgelb. Vergleicht man dieß mit den Ergebnissen der Aetzung, so sieht man, daß die Anlauffarben gleichen Schrittes gehen mit ihrer Löslichkeit des Metalls in der verdünnten Säure; je mehr eine Eisenart den Angriffen der Säure unterliegt, je leichter und rascher sie aufgelöst wird, desto geringere Hitze bedarf sie zum Anlaufen, desto früher wird sie über das Gelbe hinaus beim Blauwerden anlangen. Umgekehrt je kräftiger eine Eisenart der Säure widersteht, desto stärker widersteht sie auch in der Hitze den Angriffen der Luft, desto später geht sie von gelb zu blau über. Am Ende geht daraus hervor, daß beide Erscheinungen in gleicher Weise auf stärkerer oder schwächerer Verwandtschaft zum Sauerstoffe beruhen. Nun lehren die Erfahrungen, die ich an verschiedenen Meteoriten gesammelt habe, daß zuerst das Balkeneisen (Kamacit) anläuft, einige Zeit später das Fülleisen, zuletzt das fadige

Bandeisen. Ebenso macht der Kamacit schnellere Fortschritte im Farbenverlaufe als beide andern, und wenn der Kamacit schon tiefblau geworden, so ist das Fülleisen purpurn und das Bandeisen noch goldgelb. So fand ich es bei *Elbogen*, bei *Bata*, bei *Carthago*, *Durango*, *Tula* u. a., bei allen waren Verlauf und Anlauf vollkommen gleich, und *Anlauf* und *Aetzung* dienten sich gegenseitig zur *Controle*. Das Balkeneisen (Kamacit) hat also die stärkere Verwandtschaft zum Sauerstoffe; dem folgt im Mittel das Fülleisen und in der schwächsten Verwandtschaft zum Sauerstoffe zeigt sich das Bandeisen. Beim Anätzen mit Säuren geht ähnliches vor, die Eisenfläche verfärbt sich, das Balkeneisen wird lichtgrau, dieselben Linien und Fäden kommen röthlichgelb zum Vorschein und das Fülleisen macht sich dunkelgrau. Hier machen wir uns ausschliesslich nur mit diesen Fäden zu thun, welche das in der letzten Abhandlung schon bezeichnete Bandeisen sind.

Des Ausdrucks »Bandeisen« bediene ich mich auch nur für den Hausgebrauch, für die allgemeine wissenschaftliche Sprache schlage ich das Wort »*Tänit*« vor, von *taivia*, Band, Binde, Streifen.

Die durch Aetzung empfangene Farbe des Bandeisens ist genau diejenige Schattirung von gelb und roth, welche wir in der botanischen Terminologie *lateritius* nennen, zwischen ziegelfarbig und isabelfarbig. Ausser den Angriffen von Hitze und von Säure, scheint auch die Zeit die Oberfläche des Bandeisens gelbroth färben zu können; denn wenn man lockere Meteoreisen auseinander bricht, so findet man gewöhnlich darin Flitter von Bandeisen, welche gelbroth sind. Hitze, Säuren und Einfluss von Luft und Feuchtigkeit wirken also hier gleich und verrathen, dafs es ein Sauerstoffangriff auf das Metall ist, der ihm die lebhaftere Farbe beibringt. Das Metall an sich selbst ist demnach nicht gelb, sondern eisengrau, und das Gelb ist nichts als ein Anflug auf seiner Oberfläche von einem Suboxyde, wie diefs die sauerstoffige Beschaffenheit des Anlaufs allein schon beweist.

D
teorit
steht
sten
man
det,
dann
dring
Fäden
gleich
mit e
strahl
blofs
Farbe
das E
etwas
Ober
starke
sah ic
Ic
zu br
Meteo
einen
ohne
ken z
gesch
che l
und F
gende
ist di
davon
isabel
gut h
konnt
D
ein se
sehr l

Das Bandeisen, das auf den geätzten Flächen der Meteoriten gewöhnlich nur in Form von Linien sich zeigt, besteht aber gleichwohl nicht aus Fäden, wie es auf den ersten Anblick scheint. Diefs giebt sich bald kund, sowie man einen Widmanstätten nach mehreren Richtungen schneidet, namentlich rechtwinklig auf diese Linien. Man sieht dann auf dem Querschnitte, daß sie in die Eisenmasse eindringen und Blätter darin bilden, wovon die scheinbaren Fäden nur das Ausgehende sind. Führt man dann Schnitte gleichgerichtet mit diesen Blättern, so werden sie bald mit einem solchen zusammentreffen, und dieses wie Markstrahlen, wenn man Holz auf der Spiegelseite bearbeitet, bloß legen. Dann wird man gewahr werden, daß die gelbe Farbe nur einem papierdicken Blättchen angehört, welches das Eisen durchsetzt. Auch in Fällen, wo man eine Kante etwas rund zuschleift, kommen die Blätter zu Tage; die Oberfläche erscheint dann da geflammt, wie Hölzer, die starke Markstrahlen haben, z. B. Buchen und Eichen. So sah ich es bei *Caille, Elbogen, Louisiana* u. a. m.

Ich fand Gelegenheit, diels noch schöner zur Klarheit zu bringen. Es giebt, wie ich schon früher erwähnte, einige Meteoreisen in der Widmanstättengruppe, welche theilweise einen etwas losen Zusammenhang haben. Sie lassen sich, ohne ihnen Gewalt anzuthun, mit mäßigen Stößen in Brocken zertheilen, welche natürlichen Ablösungen folgen. Diefs geschieht oftmals in der Richtung der Bandeisenblätter, welche lose werden und Zerklüftungen machen. Balkeneisen und Fülleisen gehen dann auseinander und die mitten inneliegenden Blätter des Bandeisens fallen von selbst heraus. Mir ist diels gelungen mit *Ashville, Sevier* und *Cosby*. Stücke davon sind fast freiwillig aus einander gefallen und haben isabellgelbe Theile entblößt, die ich mit der Pincette recht gut herausklauben und von allem Angehänge frei machen konnte.

Dabei hat sich dann ergeben, daß das Bandeisen (Tänit) ein selbstständiger näherer Bestandtheil der Meteoriten ist, sehr bestimmt ausgesprochen, wohlbegrenzt, leicht ablöslich,

und zu den beiden andern Gliedern der Trias in keinem andern, als in einem bloßen Appositions- und Interpositionsverhältnisse stehend.

Das *specifische Gewicht* fand ich aus 4 Wägungen, die ich damit vorgenommen, im Mittel = 7,428, also nicht gar viel verschieden von dem Gewichte der mittleren Meteor-eisenmassen, selbst nicht von Cosby, der zu 7,260 angegeben wird.

Es bildet nirgends eine Anhäufung und wird niemals derb, sondern es besteht aus dünnen Blättchen und Bändern, gewöhnlich nur papierdick, bisweilen in Winkeln anschwellend bis zu Kartenblattstärke, aber auch auf der andern Seite sich zu so außerordentlichen Lamellen verdünnend, daß man es unter Umständen mit einer guten Doppel-lupe, ja oft genug mit dem zusammengesetzten Mikroskope suchen muß. Die Blättchen haben selten eine ausgedehnte ununterbrochene Fläche, sondern sie sind gewöhnlich von Auskerbungen und Löchern stellenweise gestört, ohne jedoch dadurch im Zusammenhange nach der Länge gänzlich unterbrochen zu werden; sie bekommen ein etwas zersetztes Aussehen. Sie sind etwas elastisch, wie Blech, endlich biegsam und von der Festigkeit des Eisens. Sie haben neben ihrer röthlichgelben äußern Farbe Metallglanz und erhalten sich blank, auch während die ihnen benachbarten Eisenarten schon mit Rost überzogen sind. Häufig sind sie etwas wellig oder rippig, indem sie sich der äußern Gestalt des Balkens anschließen. Ich besitze einen *Sevier*, in welchem ein Kamacit bloßliegt, der flach, fast einen Zoll breit, und über drei Zoll lang ist, in gerader Richtung gestreckt, ein Prachtstück von einem Balken, wie er vielleicht nicht bald wieder vorkömmt. Auf seiner ganzen Länge und Breite ist er mit einem losen Bande von blankem Bandeisen überzogen, das also, die stellenweisen Lücken mit eingerechnet, volle drei Quadratzolle groß ist. In der kaiserlichen Sammlung zu Wien erinnere ich mich vor Jahren einen *Caille* gesehen zu haben, der ausgezeichnet schöne halblose Blätter dieser Art enthält. Auch ein Du-

rang
ausg
die I
Körp
und
tete
klein
chen
In je
eines
A
noch
im F
senbl
gelag
das I
solch
unter
cama
Abha
derun
• Käm
E
Nade
alle
sie in
Auch
nächs
E
Trias
Fläch
ist b
lingto
die P
ben v
erreic
teorei

rango liegt dort, der sich zu hieher bezüglichen Studien ausgezeichnet eignet.

Der einzige Fall, in welchem das Bandeisen etwas mehr Körper bekommt, tritt da ein, wo es zwischen die Enden und die Anfänge von zwei bis drei Balken, die es begleitete und umfasste, zu liegen kömmt. Es entstehen dann kleine scharfzugespitzte Tetraëderchen daraus, deren Flächen alle konkav sind. Ich habe viele davon aufgesammelt. In jede der Konkavitäten paßte jedesmal das stumpfe Ende eines daraus lose gewordenen Balkens.

Außer dieser Art des Vorkommens tritt das Bandeisen noch in einer ungleich feinern Form auf. Diefs geschieht im Fülleisen. Dieses wird häufig von zahlreichen Bandeisenblättern durchsetzt, die dicht und parallel neben einander gelagert nicht selten in solcher Menge erscheinen, daßs sie das Fülleisen dem Anscheine nach röthlich färben und von solcher Feinheit, daßs man sie ohne Vergrößerungsgläser nicht unterscheiden kann. So in *Elbogen*, *Ruff*, *Burlington*, *Atacama* u. a. Da ich aber das Fülleisen erst in der nächsten Abhandlung beschreiben kann, so muß ich die nähere Schilderung dieses Gegenstandes, der dort unter der Bezeichnung »*Kämme*« vorkommen wird, bis dahin verschieben.

Endlich kommen in den Eisenmeteoriten oftmals noch Nadeln vor, die nach Farbe und chemischem Verhalten alle Uebereinstimmung mit Bandeisen zeigen. Man findet sie in *Durango*, *Cap*, *Rosgata*, *Hauptmannsdorf*, *St. Rosa* etc. Auch davon muß ich die nähere Auseinandersetzung auf die nächste Zukunft aufschieben.

Es giebt einige Fälle, in welchen Meteoreisen, das die Trias enthält, uns noch vor dem Aetzen auf der polirten Fläche seinen Inhalt, also auch sein Bandeisen verräth. Diefs ist bei einigen wenigen Eisen der Fall, nämlich bei *Burlington*, *Agram*, *Bohumilz* und *Ashville*. Es geschieht, wenn die Politur sehr hoch und zwar bis zu dem Grade getrieben wird, wo die Stahlarbeiter sie schwarz nennen. Diefs erreicht man nur mit großer Behutsamkeit, weil das Meteoreisen für hohe Politur zu weich ist. Brachte man es

aber dahin, so werden bei Burlington die Widmanstätten-schen Figuren von selbst kenntlich und bei Agram und Ashville bedarf es nur des Anhauchens, um sie sogleich zu Tage zu fördern. Mit dem Wegtrocknen des Hauches verschwindet dann auch die Zeichnung wieder. Ohne Zweifel wird es noch einen und andere Eisenmeteoriten geben, welche bei gleich hoher Politur in gleichem Grade empfindlich sind.

Neben der Isabellfarbe, welche die feinen Linien des Bandeisens durch die Einwirkung stark verdünnter Säuren empfangen, unterscheiden sie sich auch noch dadurch, daß diese beide von den sehr verdünnten Säuren angegriffen werden, und auf ihrer polirten Oberfläche dadurch mechanische Veränderung erleiden, das Bandeisen aber nach erlangter Färbung unangegriffen bleibt. Das Balkeneisen (Kamacit) wird, wie gezeigt, schraffirt, das Fülleisen, wie wir ferner das Nähere ersehen werden, trübkörnig, das Bandeisen (Tänit) aber blank und unangegriffen. Wenn alles auf der Eisenfläche sich matt ätzt, so bleibt das Bandeisen metallisch glänzend und nun kann das Auge erst recht gut den feinen Linien seiner Zeichnung folgen. Dabei versteht sich, daß die Säure hinreichend verdünnt gewesen sey, denn eine starke Mineralsäure löst endlich alles mit einander auf und verwüstet die zarten Gebilde eines milden Angriffs. Concentrirte Essigsäure greift das Bandeisen nicht an, löst aber Kamacit und Fülleisen, und kann deshalb mit Vortheil, doch mit viel Zeitaufwand, zu Aetzungen benutzt werden.

Der *chemische Bestand* der Verbindung, welche das Bandeisen ausmacht, ist für die Meteoritenkunde von großem Belange. Diefs erkennend haben schon viele Chemiker sich angelegen seyn lassen ihn auszumitteln. Die Ergebnisse ihrer Arbeiten sind überaus verschieden ausgefallen und geben deswegen gegründeten Bedenklichkeiten Raum. Der Grund hievon liegt in der Art, wie sie sich das Material dazu verschafft haben. Diese bestand überall darin, daß sie die Meteoreisen von der Gruppe der Wid-

man
löste
chem
anal
Was
schie
jeder
risse
And
schie
nicht
beur
begn
man
binzu
A
auf
Band
schen
jetzt
Stück
bis z
klek
samm
Körp
wohl
ren z
mach
die
stand

1) D
ein
ge
Pog

mannstätten in verdünnter Salpetersäure oder Salzsäure auflösen, und das ungelöst gebliebene, wo es als gelbe Blättchen und Körner erschien, als Bandeisen betrachteten und analysirten. Dieser Weg scheint mir aber sehr unsicher. Was die Säure liegen läßt, kann einerseits aus sehr verschiedenem Gemenge bestehen, und anderseits ist ihm in jedem Falle von der Säure ein Antheil seiner Substanz entzogen worden. Es hat also ein jeder mehr oder weniger Anderes analysirt und daher kamen dann die großen Verschiedenheiten in den Ergebnissen, an die uns zu halten wir nicht wagen können. Um sie aufzuführen und einzeln zu beurtheilen, fehlt es hier an Raum, ich muß mich daher begnügen auf die Arbeiten der Herren Patara, Bergemann, Smith, Duflos, Rammelsberg, Fischer u. a. hinzuweisen.

Anders nun wird der Fall seyn, wenn es gelang, nicht auf chemischem, sondern auf mechanischem Wege zu soviel Bandeisen zu gelangen, als zu einigen ausführlichen chemischen Arbeiten und deren Controle erforderlich ist. Diefes ist jetzt geschehen bei dem obengemeldeten Zerbröckeln eines Stückes Cosby in kleine Fragmente von Wickenkornbis zu Bohnengröße. Hier gönnte mir der Zufall eine erkleckliche Menge abgesonderter Bandeisenplättchen aufzusammeln, einen zureichenden Antheil von diesem edeln Körper zu einer chemischen Zerlegung hingeben und gleichwohl noch eine hübsche Portion davon für sich aufbewahren zu können. Diese Arbeit nahm mein Sohn ¹⁾ vor. Er machte drei sorgfältige Analysen auf abgeänderten Wegen, die gut mit einander übereinstimmten, sie ergaben als Bestand des Bandeisens (Tänits):

- 1) Dieser Sohn ist aber nicht etwa ein akademischer Doktorant, sondern ein Jüngling von beiläufig 50 Jahren, in der Analyse bewandert und geübt.

Eisen	85,714
Nickel	13,215
Kobalt	0,550
Schwefel	0,226
Phosphor	0,295
	100.

An dieses Ergebniss wird man sich mit einigem Zutrauen festhalten können. Es ist der erste nähere Bestandtheil, der aus der Trias *mechanisch für sich allein rein herausgesondert*, unvermengt mit irgend welchen Zufälligkeiten, der Analyse unterworfen worden ist. Wir erhalten damit einigen Anhalt in der Verwicklung, und von ihm aus ist zu hoffen, daß wir auch den andern Zusammensetzungsgliedern der Eisenmeteorite in gleicher Reinheit näher kommen werden. Das Atomverhältniss, welches daraus hervorgeht, nähert sich wieder dem von 1 At. Nickel zu 6 At. Eisen. Es geht hieraus hervor, daß das Nickel hier in verhältnißmäfsig gröfserer Menge vorhanden ist, als in der Trias von Cosby überhaupt. Eine Untersuchung der gesammten Trias von Cosby, d. i. des rohen Meteoriten im Ganzen, ergab nämlich in zwei Analysen:

I.		II.	
Eisen	90,125	Eisen	89,324
Nickel u. Kobalt	9,786	Nickel	10,123
Phosphor	0,089	Kobalt	0,422
Schwefel	Spur	Phosphor	0,131
	100.	Schwefel	Spur
			100.

Völlige Uebereinstimmung gleichnamigen Untersuchungsmaterials dürfen wir in den Gesamtmeteoritenanalysen niemals erwarten, weil dieses in den verschiedenen Theilen ein- und desselben Exemplars jederzeit in ungleichen Verhältnissen der nähern Bestandtheile gemengt ist; so viel jedoch ist aus obigem ersichtlich, daß der Gesamtmeteorit verhältnißmäfsig weniger Nickel, weniger Kobalt, weniger Phosphor, besonders weniger Schwefel, dagegen Eisen allein in gröfserer Menge enthält als das Bandeisen, und daß folg-

lich
Nick
als in
theil
sehen
V
darin
Lostr
Mete
meng
entm
kros
chen
geätz
ich r
ander
ren
aber
nehr
einen
Neu
Eisen
wie
getha
Hoff
zulan
stehe
jetzt
wie
logie
tigen
S
die
einf
sche
eisen
grup

lich dieses sich wesentlich durch seinen bedeutend höhern Nickelgehalt auszeichnet. Diefs ist um so mehr der Fall, als in dem Gesamttmeteoritenmaterial verhältnißmäßige Antheile von Bandeisen nicht fehlen, was hierbei nicht übersehen werden darf.

Wenn man nun auf dieser Seite einige Befriedigung darin finden kann, dafs es gelungen, durch mechanische Lostrennung und Analyse eines nähern Bestandtheiles des Meteoreisens einigermaßen einen festen Punkt in dem Gemenge zu gewinnen, so wird es auf der andern Seite fast entmuthigend, wenn man die Wahrnehmungen, die das Mikroskop uns gewährt, damit zusammenstellt. Ich habe Stückerhen von Bandeisen geschliffen und mit stärkerer Säure angeätzt, dann unter die Linsen gebracht. Fast nirgends habe ich reines homogenes Metall gesehen. Ueberall waren darin *andere geartete Körperchen mechanisch eingelagert*. Sie waren so überaus klein, dafs sie mit der Lupe nicht, wohl aber mit dem zusammengesetzten Vergrößerungsglase wahrnehmbar waren. Phosphornickeisen war sonder Zweifel einer dieser feinen Gemengtheile. Daraus ersehen wir aufs Neue, dafs die Zusammenfügung von Bestandtheilen in den Eisenmeteoriten nicht minder als in den Steinmeteoriten, wie ich diefs in vorangegangenen Auseinandersetzungen dargethan habe, beinahe ins Unendliche fortgeht, und unsere Hoffnung, endlich mit Klarheit bei einer festen Gränze anzulangen, bedauerlich trübt. So wie diese Dinge dermal stehen, bleibt uns besseres schwerlich übrig, als uns für jetzt an die *„näheren Bestandtheile“* in dem Sinne zu halten, wie wir diefs in der organischen Chemie und in der Geologie thun und auf welchem Wege ich auch in gegenwärtigen Untersuchungen mich bewegt habe.

Sehr häufig kommt es vor, dafs die Linien oder *Fäden*, die das Bandeisen auf den Schliffflächen macht, nicht mehr einfach, sondern mit der Lupe betrachtet, als *gedoppelt* erscheinen. Diefs entsteht auf folgende Weise. Das Bandeisen schliesst in der Pallasgruppe, in der Widmannstättengruppe und überall in der Trias das Fülleisen ein, wodurch

Quadrate, längliche Rechtecke, Dreiecke u. s. w. desselben auf den geätzten Flächen entstehen, welche von Bandeisenfäden eingeschlossen erscheinen. Wenn die Balken des Kamacits beieinander liegen, und diese Figuren schmal werden, so daß zwei parallele Seiten eines Rechteckes enge zusammenrücken, so nähern sich jene Fäden einander. Endlich geschieht es, daß das Fülleisen zwischen zwei Balken theilweise, stückweise, ja ganz verschwindet. In diesem Falle verschwinden aber gewöhnlich die Bandeisenfäden nicht, sondern sie legen sich nach dem Ausfallen des Fülleisens ganz dicht aneinander an, so fest, daß man sie auf den ersten Blick für einen einfachen Faden hält. Allein unter dem Vergrößerungsglase gewahrt man, daß es zwei Fäden sind, welche sofort zwei Bandeisenblättern zugehören. Sie sind aber so dicht an einander angeschlossen, daß man oftmals Mühe hat, ihr Doppelwesen sicher zu erkennen. Jedes von ihnen gehört dem ihm anliegenden Kamacitstabe zu, und man ersieht hieraus, daß während das Fülleisen verschwindet, die Bandeisenfäden bei dem Balkeneisen ausharren, und zwar zu jeder Seite desselben. Es läßt sich daraus weiter folgern, daß das *Bandeisen (der Tānit)* nicht sowohl dem Fülleisen, als vielmehr dem Balkeneisen (dem Kamacit) angehört, von dem es nicht weicht und dem es unter allen Umständen folgt. Es gewährt dieß ein sehr charakteristisches Merkmal, an welchem man in Zweifelfällen schnell und sicher das Bandeisen von andern Eisenarten unterscheiden und sich über die Natur der Letztern aus der Lagerungsfolge trefflich orientiren kann.

Wir wollen nun dem Bandeisen noch durch die verschiedenen Gruppen von Meteoriten folgen. Zuerst in die Pallasgruppe, in der es sehr deutlich ausgebildet ist. Es folgt darin mit Regelmäßigkeit dem Balkeneisen auf allen seinen Krümmungen und zwar immer auf seiner äußern, dem Fülleisen zugekehrten Seite und von diesem überlagert, niemals auf seiner andern dem Olivine zugewendeten Unterfläche; immer liegt es als isabellfarbiger Faden zwischen Balkeneisen und Fülleisen, niemals zwischen Balkeneisen und

Olivine
bis i
es st
dern
kene
auf
(Kau
deck
S
so f
es a
las
samer
es n
In d
Manj
Balk
den.
deren
chen
daru
lingt
Schw
Ruff,
narto
Char
wie
hafter
letzte
so f
Balk
häufi
schlä
her,
dicke
währ
Tren

Olivin. Es folgt überall dem Balkeneisen sklavisch nach bis in seine äußersten spitzigsten Winkel. Niemals gesellt es sich dem Schwefeleisen zu, niemals dem Graphite, sondern verharret ausschließlich eingeklemmt zwischen Balkeneisen und Fülleisen. Wir haben daher alle Ursache, auf ein tiefer liegendes Verhältniß zwischen Balkeneisen (Kamazit) und Bandeisen (Tänit) zu schließen, dessen Aufdeckung wohl jenseits menschlicher Erkenntniß liegen mag.

Sehr zart tritt das Bandeisen in *Brahin* auf; fast eben so fein in *Atakama* und *Bitburg*, in welchen beiden man es an manchen Stellen mit der Lupe suchen muß; in *Pallas* erkennt man es nach der Aetzung schon mit aufmerksamem Auge in seinen röthlichen Fäden; in *Steinbach* ist es noch deutlicher ausgebildet, aber sehr fein eingelagert. — In den Tolucesen sind dieselben im *Istlahuaca*, *Ocotitlan*, *Manji*, *Bata*, *Tejupilco*, *Xiquipilco* überall zwischen dem Balkeneisen und Fülleisen reichlich und deutlich vorhanden. — In den Meteoriten der Widmannstättengruppe, in deren Bau sie einen so wesentlichen Bestandtheil ausmachen, besitzen sie ihre schönste Entwicklung; ich nenne darunter die schönen Gebilde von *Misteca*, *Durango*, *Burlington*, *Lokport*, *Orangefluß*, *Madoc*, *Carthago*, *Agram*, *Schwetz*, *Redriver*, *Pittsburg*, *Nebraska*, *Tula*, *Guildfort*, *Ruff*, *Texas*, *Petropawlowsk*, *Caille*, *Seneca*, *Elbogen*, *Lenarto*, *Asheville*, *Sta. Rosa*, dann die zarten Gewebe von *Charlotte*, *Löwenfluß*, *Tazewell*, *Putnam*, sofort die derbern wie *Bohumiliz*, *Bemdego*, *Bruce*, und die groben knollenhaften *Blackmountains*, *Cosby* und *Seeläsgen*, in welchen sechs letztern das Bandeisen gerade am schwächsten und in um so feineren Linien vertreten, je dicker und wulstiger das Balkeneisen aufgetrieben ist. — In *Schwetz* weichen sie häufig von ihrer gewöhnlichen geraden Richtung ab, und schlängeln und krümmen sich an vielen Stellen hin und her, den Unebenheiten besonders des querdurchlaufenden dickern Balkeneisens folgend. Schwache Spuren davon gewähren *Caryfort* und *Arwa*, wo man nur mit Anstrengung Trennungslinien zwischen Balkeneisen und Splittern von

Fülleisen ansichtig zu werden vermag, die mit abgebrochenen rothgelben Strichelchen besetzt sind; sie sind aber, wenn auch nicht ganz leicht wahrzunehmen, doch entschieden überall vorhanden.

Endlich finden wir untergeordnete geringe Reste von diesen rothgelben Fäden, wie schon oben vorgekommen, in *Hauptmannsdorf* und *Claiborne*, wo es da und dort sehr kleine, öfters mikroskopische Inselchen von Fülleisen fein einschließt.

Bandeisen in Doppelfäden, wovon soeben die Rede war, finden wir in *Bruce*, *Cap*, *Misteca*, *Texas*, *Burlington*, *Tepupilco*, *Istlahuaca*, *Durango*, *Lokport*, *Madoc*, *Caryfort*, *Elbogen*, *Agram*; in *Orangefluß* in eigenthümlicher Weise; ferner in *Carthago*, *Ruff*, *Bata*, *Putnam*, sehr fein in *Löwenfluß*, sparsam in *Schwetz*, *Caryfort* und *Sevier*, desto reichlicher in *Lenarto* und *Ocotitlan*, undeutlich in *Seneca*, nicht selten in *Atakama*, *Bitburg* und *Pallas*, besonders zwischen dem in das Fülleisen öfters einspringenden Balkeneisen.

In dem Eisenetze der Steinmeteoriten habe ich die Fäden dieser Eisenart reichlich am deutlichsten in *Hainholz* aufgefunden. In dem Eisenkorne von *Blansko* kommen sie nicht vor. In *Seres*, *Piney*, *Chantonay*, *l'Aigle*, mehr oder minder deutliche mikroskopische Spuren.

Eine Zeichnung davon läßt sich nicht geben. Und dieß darum nicht, weil das Bandeisen immer und ohne Ausnahme auf der Gränzlinie zwischen Balkeneisen und Fülleisen liegt und da so fein auftritt, daß es mit dieser Linie zusammenfällt. Es läßt auf solche Weise dem Zeichner keinen Raum und der Beschauer muß sich begnügen, die Gränzlinien zwischen beiden Nachbarn für die Linien des Tämits selbst zu nehmen.

Rückblick.

1) Polirte Eisenflächen der Meteoriten sind gleichfarbig eisengrau. Die Glieder der Trias sind also an und für sich so nahe von einerlei Farbe, daß man sie mit dem Auge

nicht zu unterscheiden vermag. Läßt man sie aber anlaufen, ätzt man sie an, oder überläßt man sie der Zeit und der Luft, so treten sie auseinander und sie erscheinen in lichtgrauer, in isabellgelber und in dunkelgrauer Farben-Verschiedenheit.

2) Isabellgelb (lateritii) erscheinen zarte Fäden in grauem Grunde, welche das Ausgehende von dünnen Blättern ausmachen, welche den Eisenkörper zahlreich durchsetzen. Beim Zerfallen einiger derselben lösen sich diese Blätter los, werden frei, können abgesondert aufgesammelt werden, und treten als selbstständiger näherer Bestandtheil, als Glied der Trias auf, genannt *Bandeisen*, *Tänit*.

3) Dessen specifisches Gewicht aus Cosby ist 7,428. — Die Blätter sind bis zu 3 Zoll lang und 1 Zoll breit, als papierdicke Lamellen vorgefunden worden. Der stoffige Bestand zeigt bei der Analyse verhältnißmäßig größere Menge Nickel, als sich in der Gesammttrias vorfindet, über 13 Procent.

4) Das *Bandeisen* (*Tänit*) paßt sich auf der einen Seite dem *Balkeneisen* (*Kamacit*) genau an, auf der andern umfaßt es das *Fülleisen* auf der ganzen Oberfläche. Wenn dann das Letztere abnimmt und zuletzt oftmals ganz verschwindet, so bleibt das *Bandeisen* als Doppelblatt übrig und seine Fäden erscheinen dann im Schnitte häufig als Doppellinien, dicht an einander angeschlossen.

5) Sein Vorkommen ist in der Pallasgruppe bogenförmig krummlinig, in der Widmannstättengruppe wesentlich geradlinig, wenn auch häufig hierin durch Zufälligkeiten verworfen. Immer findet man es zwischen *Balkeneisen* und *Fülleisen* eingeklemmt, niemals im Gefolge von Schwefeleisen, Graphit etc.

6) Selbst im Eisen mancher Steinmeteoriten finden sich *Tänitblättchen* vor.

V. Ueber die näheren Bestandtheile des Meteor-eisens; von Frhrn. v. Reichenbach.

XVII.

Das Fülleisen.

Wir langan bei dem dritten Gliede der Trias an. Es ist dies die *dunkelgraue Eisenverbindung*, welche den Zwischenraum ausfüllt, den die Blätter und Fäden des Bandeisens einschließen. Sie liegt nach ihren Außenseiten überall ringsum unmittelbar innerhalb des Bandeisens (des Tämits), ist von ihm eingefangen und umgeben; hat nach innen hin keinen Nachbar, weil sie, das letzte Glied in der Reihe, die Mittelräume ausfüllt, also den Kern der ganzen Zusammensetzung, d. i. der Trias ausmacht. Polirt ist sie nicht oder nur in seltenen Fällen schwach unterscheidbar von beiden andern Eisenarten, wo nämlich hohe bis ins Schwarze gesteigerte Politur und Hauch darauf schon hinreichen, die Widmannstättenschen Figuren kenntlich zu machen, wie bei *Burlington*, *Ashville*, *Agram* u. a.; aber angeätzt tritt sie schnell mit ihren Eigenthümlichkeiten zum Vorscheine. Ich füge eine Skizze davon bei, Fig. 11 Taf. II, worauf die punktirten Stellen Fülleisen sind, wie es nach der Aetzung erscheint.

Seine Figur auf der Schnittfläche wird von der Unterlage bestimmt, auf welche es sich gelegt hat, dem Bandeisens (Tämit); es wird also wie diese bald von einsprengenden Kreisbögen eingeschlossen, die sich in letzter Instanz von der Oberfläche von Olivinkugeln ableiten, bald von quadratischen, bald von oblongen Formen, bald von den Seiten gleichseitiger Dreiecke, bald von gleichmäßigen, bald von unregelmäßig krummen Linien eingeschlossen, alles je nachdem die letzte Unterlage, die ihre Form bedingt, gestaltet ist. Das Gefüge erscheint formlos, dicht, aus amorpher gleichartiger Substanz zusammengehäuft, äußerst feinkörnig.

Von
nicht
oder
che
kros
Fein
dene
unte
ande
las;
nähe
liert
losig
nem
Gefü
den
Stüc
erns
wohl
die
wie
fige
Met
aus
die
eise
Nie
ebe
kam
Tim
Gr
mit
we
In
lini
je

Von Aussehen glanzlos, vollkommen matt; von Farbe grau, nicht eisengrau und nicht aschgrau, sondern trübe, mehr oder minder dunkel, und häufig mit einem schwachen Stiche ins Grünliche oder Röthliche angethan. Unterm Mikroskope bei 92facher Vergrößerung behält es dieselbe Feinkörnigkeit bei. Seine Gegenwart ist in den verschiedenen Meteoriten ungleich deutlich ausgeprägt, in vielen unterscheidet es sich sehr in die Augen fallend von allen andern Eisenarten, wie in *Agram*, *Elbogen*, *Carthago*, *Pallas*; in einigen, namentlich den mit knolligem Balkeneisen, nähert es sich so sehr dem letzteren (dem Kamacite), verliert so viel von seiner eigenthümlichen Farbe und Glanzlosigkeit, daß man es nach der Aetzung nur noch an seinem matten Schimmer, an seinem Mangel an sichtbarem Gefüge, und der Abwesenheit von Schraffirung unterscheiden kann, wie in *Seeläsgen*, *Cosby*, *Blackmountains*. Reine Stückchen davon herauszupräpariren, ist bis jetzt noch nicht ernstlich versucht worden; es wird aber früher oder später wohl gelingen, zunächst vielleicht bei *Cosby* oder *Ashville*, die gern aus dem Gefüge gehen; dann wird man es, isolirt wie den Tānit, der Chemie überantworten und seine stoffige Constitution ermitteln können.

Das Vorkommen des Fülleisens in den verschiedenen Meteoriten ist wieder in der Pallasgruppe am schönsten ausgesprochen. Es scheidet sich in *Pallas* selbst sehr in die Augen fallend vom weißen Balkeneisen und vom Band-eisen (Tānit) durch seine feine dunkle glanzlose graue Farbe. Nicht minder scharf ausgebildet tritt es in *Steinbach* auf; ebenso schön dunkelgrau, kleiner nur in *Bitburg*. In *Atakama* ist es einen geringen Schatten heller; noch um eine Tinte heller finden wir es in *Brahin*. Ueberall in dieser Gruppe bringen es die auf die Meteoriten geführten Schnitte mit Figuren zu Tage, deren Gränzlinien aus mehr oder weniger in dasselbe einspringenden Kreisbögen bestehen. — In der Gruppe der Widmannstätten folgen diese Gränzlinien der geraden Richtung des Balkeneisens und bilden je nach der Richtung, in welcher der Schnitt darauf geführt

wurde, Rechtecke, Dreiecke, Rauten, und unregelmäßige Figuren mit mehr oder minder geradlinigen Seiten. Sie sind deutlich dunkelgrau und scharf begränzt in *Elbogen*, *Agram*, *Lenarto*, *Ashville*, *Orangefluß*, *Texas*, *Nebraska*, *Seneca*, *Burlington*, *Lokport*, *Bata*, *Caille*, *Löwenfluß*, *Misteca*, *Tejupilco*. Mit blässerem Grau finden wir es in *Putnam*, *Schwetz*, *Seneca*, *Xiquipilco*, *Durango*, *Charlotte*, *Union-County*, *Louisiana*, *Ruff*, *Carthago*, *Madoc*, *Ocotitlan*. *Sta. Rosa*, *Guildfort*, *Hazuquilla*, *Tula*. Zuletzt wird das Grau so hell, daß es vom Balkeneisen kaum mehr zu unterscheiden ist; dieß ist der Fall bei *Bemdego*, *Bruce*, *Cosby*, *Seeläsgen*. Ja es giebt endlich einen Meteoriten, der die Regel zu brechen droht, und dieß ist *Ruff*, bei welchem unter gewissen Winkeln gegen das Licht das Fülleisen sogar heller und glänzender wird, als das Balkeneisen. Bisweilen sogar nimmt es einen Stich ins Röthliche an.

Dieß sind die Fälle, in welchen das Fülleisen der Menge seiner Gegenwart nach in zweitem Range vorkommt; es giebt aber auch solche, in welchen es dem Balkeneisen nicht mehr nachsteht, sondern *prädominirt*, und zwar in so mächtiger Weise, wie wir dieß den Kamacit bei Hauptmannsdorf u. a. thun sahen. Dieß geschieht am ausgesprochensten an dem sehr merkwürdigen Meteoriten, dessen schwere Hauptmasse im Teylerschen Museum zu Harlem liegt, und von dem leider nur wenig unter die europäischen Naturforscher gekommen ist, nämlich *Cap*. Mein gutes Exemplar verdanke ich der gefälligen Theilnahme des Hrn. von Siebold. Die Masse dieses Meteoriten, polirt und angeätzt, ist zeichnungslos, dunkelgrau, glanzlos, gänzlich ohne alle Widmannstätten. Niemand erkennt sie auf den ersten Blick für ein Meteoreisen und es ist auch schon geschehen, daß sie aus Meteoritensammlungen als unächt ausgeschieden worden ist. Allein das war ein Irrthum, es giebt keinen edlern, keinen interessanteren Meteoriten, als diesen ganz eigenthümlichen *Cap*. Die Charakterlosigkeit, in dessen Verdacht ihn der erste Anblick bringt, verschwindet, sobald man nur die Lupe an ihn anlegt. Kleine glän-

zend
in D
liche
läng
von
Schw
merl
bind
Klei
zum
maa
teor
beid
kom
Nat
bild
erla
daß
ist,
ndä
and
das
Sch
bei
dün
nar
un
geg
dav
es
wi
ke
sa
Ca
Be
Ba
ka

zende Fleckchen, die man kaum beachtete, lösen sich auf in Doppellinien von wohlcharakterisirtem Tänit; andere ähnliche breitere Pünktchen gehen auseinander, der Tänit umfängt eine winzige Ellipse, innerhalb deren er Stäbchen von Balkeneisen einschließt, an dem selbst Pünktchen von Schwefeleisen haften, und alles zeigt, daß in diesem merkwürdigen Eisenmeteoriten die drei letztern Eisenverbindungen wie in allen andern vorhanden, aber bis auf ein Kleinstes zurückgedrängt sind. Dies ist geschehen lediglich zum Vortheile des Fülleisens, welches in solchem Uebermaasse vorwaltend geworden, daß nunmehr der ganze Meteorit ein bloßes Stück Fülleisen ausmacht, in welchem die beiden andern Glieder der Trias nur noch spurenweise vorkommen, kaum noch so viel, daß sie die Gewähr für die Natur der großen Masse liefern können. In dieser Ausbildung steht Cap unter allen Meteoriten, die wir bis jetzt erlangt haben, sehr ausgezeichnet da. Da sehen wir denn, daß das Fülleisen in große parallele Parteen abgetheilt ist, die sich durch nichts als durch schwache Schattirungsnüancen zwischen Grau und Grau kaum merkbar von einander unterscheiden. Das dunklere ist mehr nach innen, das hellere mehr nach außen gelagert, wodurch eine Art Schichtung wenigstens angedeutet ist. — Der Nächste, der bei genauer Prüfung an die Seite von Cap gestellt werden dürfte, ist vielleicht Green County, besser *Babbsmill* genannt. Er liegt in der kaiserlichen Sammlung in Wien und ist in dieser bedauerlichen Schatzkammer für Studien gegenwärtig leider unzugänglich. Ein kleines Stückchen davon sah ich in der Universitäts-Sammlung zu Berlin, und es wurde mir gern vergönnt, mich seiner Prüfung ruhig zu widmen, so lange ich es nur wünschte. Von Farbe dunkelgrau, matt, ohne Figuren, zeigt er auf der Aetzfläche sparsame weißglänzende Pünktchen, ähnlich Nadelköpfen wie Cap, und besteht wahrscheinlich auch ganz aus Fülleisen. Beide Meteoriten gewähren uns allein die Gelegenheit, den Bau des Fülleisens einigermassen im Großen betrachten zu können.

An Babbismill schliefst sich noch *Smithland*, auch *Livingston* genannt, an. Das Exemplar, das ich davon habe, trägt aber so wenig bestimmte Wahrzeichen von Meteorität an sich, daß ich Bedenken trage, für jetzt in eine Auseinandersetzung darüber im Sinne des Fülleisens mich einzulassen. Vielleicht ist es anderswo besser charakterisirt.

Dann sind es *Saltriver* und *Kamtschatka*, welche weißes Eisen, von dem des Nächsten die Rede seyn wird, in feinen Pünktchen besitzen, die nach der Aetzung in graue amorphe feinkörnige Grundmasse sich eingelagert zeigen, die nichts anderes seyn möchte, als wohlcharakterisirtes Fülleisen.

Endlich gehört hieher der interessante Meteorit von *Rasgata* (sprich *Rásgata*, nicht *Rasgata*), welcher ganz frei von Widmannstättenschen Figuren ist. Auch er besitzt, wie beide vorangehenden, Nadelchen von weißem Eisen in graue Grundmasse eingelagert. Aber diese graue Grundmasse ist, betrachtet man sie unter der Lupe auf vorsichtig geätzter Schnittfläche, ganz dicht besetzt von feinsten isabellgelben Einlagerungen, die allem Ansehen nach nichts anderes sind, als auf eigenthümliche Weise eingebettete Tánitsubstanz. Wir kommen später nochmals darauf zu sprechen. Die Grundmasse dieses Meteoriten aber ist augenscheinlich nichts anderes als Fülleisen in einem bis jetzt noch nicht wieder beobachteten Gemenge mit Tánit und weißem Glanzeisen.

Ich habe so eben erwähnt, daß auf Cap eine geradlinige Schattirungen von Grau in Grau eine Art von Auflagerungsfolge im Fülleisen andeuten. Etwas damit Uebereinstimmendes findet man in *Lokport*. Das Fülleisen bildet in seinen Feldern hier eine Art von Zonen. Nach aussen zu, wo es an das Bandeisen (Tánit) sich anlegt, ist es tief dunkelgrau, gegen seine Mitte hin wird es heller, in der Mitte selbst ist es am hellsten grau. Manche Felder bilden einwärts noch einmal eine dunkle Zone und erst in der Mitte werden sie wieder helle; einige machen nach der innern Zone noch einmal einen dunkeln Kernfleck. Man

sieht
Eisen
thut
sten
lagen
vor

glase
in P
nicht

Z
denk

Wö
nebe
obgl

Nick
Anal
auf

eisen
derm

die
thun

den.
river
freu

auf

tutio

betr

Ich

mit

gens

falle

erfo

von

stan

sieht daraus, daß Lokport in der Mitte steht zwischen den Eisenmassen mit dunkeltem und mit hellem Fülleisen. Es thut aber auch diese agatähnliche Zeichnung am deutlichsten dar, wie in allen Feldern des Fülleisens die *Eisenablagerung langsam von aussen gegen die Mitte fortschreitend vor sich gegangen ist.*

Im Eisen der *Steinmeteoriten* fand ich mit dem Suchglase das Fülleisen nur in *Hainholz*, *Piney* und zweifelhaft in *l'Aigle*; das reiche Eisenkorn von *Blansko* besitzt es nicht.

Zu einer *chemischen Untersuchung* würde uns, sollte man denken, Cap Stoff genug darreichen. Es ist auch von Hrn. Wöhler auf das Sorgfältigste zerlegt worden. Er fand neben Eisen und Kobalt nicht weniger als 15 Proc. Nickel, obgleich keine Widmannstätten hier vorhanden sind. Das Nickel ist also hier in anderer Form vorhanden. Als eine Analyse des Fülleisens dürfen wir daher diese Zerlegung auf keine Weise betrachten. Ausser Spuren von Balkeneisen und von Tānit finden sich in Cap, wie in vielen andern Meteoriten, zahlreiche mikroskopische Nadeln vor, die seiner physiographischen Einfachheit wesentlich Eintrag thun und von denen wir nächstens Näheres vernehmen werden. Aehnlich sind die Fälle bei Babbismill, Rasgata, Salt-river und Kamtschatka, alle enthalten in ihrem Fülleisen fremdartige Einlagerungen in grosser Menge. Die Aussicht auf die Erlangung einer chemischen Kenntniss der Constitution des Fülleisens ist daher noch nicht sehr gelichtet.

Bis hieher haben wir das Fülleisen in seiner Einfachheit betrachtet, ohne innere Verbindung mit andern Körpern. Ich habe es ebenfalls nur zum deutschen Hausgebrauche, mit dem Worte »Fülleisen« bezeichnet. Da aber diese Gegenstände auch in das Untersuchungsgebiet anderer Völker fallen, so wird ein allgemeiner wissenschaftlicher Ausdruck erforderlich seyn, wozu ich das Wort »Plessit«, abgeleitet von *πλέω, πλέσσω*, voll machen, füllen, vorschlagen möchte.

Wir wollen nun an die Betrachtung dieses nähern Bestandtheiles der Meteoriten in seinen Verwicklungen mit an-

dern Körpern gehen und zusehen, in wieweit wir uns durch gewisse Erscheinungen, die nicht allzu einfach sind, hindurcharbeiten.

Bei der Betrachtung der Felder des Fülleisens, die nach der Aetzung in der Mehrzahl eine einfach graukörnige Masse darstellen, stoßen wir nicht selten auf feine, meist parallele, röthlichgelbe, metallisch glänzende Linien, die in *großer Zahl dicht nebeneinander* das graue Feld durchsetzen, und ihm ein röthliches Ansehen verleihen. Ihr Aussehen und Verhalten gegen die Politur und die Säuren ist so vollkommen übereinstimmend und zusammenfallend mit dem Bandeisen (Tänit), an welches sie sich überall anschließen, daß die Identität der Substanz zwischen Tänit und der Substanz dieser Linien in die Augen springt. Ueberläßt man solche Füllfelder längere Zeit mit schwacher Säure der Aetzung, so frisst sie in den Grund tief ein, und die Linien werden als Tänitbänder und Plättchen entblößt, so daß es oft gelingt, sie mit der Pincette abnehmen zu können. Sie liegen im Fülleisen bald gepaart, bald in der Mehrzahl, bald in Gruppen, bald gehäuft, immer in Bündeln dicht nebeneinander. Manche Felder sind halb, oder nur stellenweise damit besetzt. Man kann sie häufig mit einem guten Auge unbewaffnet einzeln gut unterscheiden, bald sind sie so fein, daß man das Suchglas zu Hülfe nehmen muß, bald können sie nur mit dem Mikroskope unterschieden werden. In der Regel liegen sie parallel nebeneinander; bisweilen kreuzen sich solche parallele Bündel. Oftmals sind die Felder des Fülleisens davon ganz gestopft voll. Bisweilen sind alle davon voll; häufig nur einzelne Felder damit besetzt, während die andern leer sind. Bald sieht man sie auf den Schnitten der Länge nach bloßliegen, bald erscheinen sie darauf im Querschnitte. Solche Fülleisenfelder haben das Ansehen von Kämmen oder Webstuhlblättern, durch welche bei den Webern die Kette, der Zettel, durchgeführt wird, um die einzelnen Fäden von einander abgesondert zu halten. Fig. 12 Taf. II kann einige Vorstellung davon geben.

Es kommt bisweilen sogar vor, daß zwischen diesen

Blatte
macit
Palla
schwi
deutl
Körn
V
beset
Mal
nur
I
-Füll
werd
stelle
alle
man
der
gewa
schw
dünn
bestä
chen
etwa
Säur
kann
Sam
Eise
man
als
ben
ses
Sorg
I
Eise
sitze
Sch
falle

Blättchen feine secundäre Stängelchen von Balkeneisen (Kamacit) eingelagert sich blicken lassen, z. B. in *Atakama*, *Pallas* u. n. a. Sie werden mit dem bloßen Auge nur schwierig unterschieden, sind aber unterm Mikroskop so deutlich ausgesprochener Kamacit, daß man selbst seine Körnertheilung wieder erkennt.

Während die Felder jeder Gestalt beim Fülleisen davon besetzt sind, kömmt diese Erscheinung *nicht ein einziges Mal im Balkeneisen (Kamacit) vor, sondern ausschließlich nur im Fülleisen (Plessit).*

Ich will diese eigenthümliche Erscheinung »Kämme«, »Fülleisenkämme« nennen, einen nichtdeutschen Namen werden wir dazu nicht nöthig haben. Um sie rein darzustellen und für das Gesicht deutlich zu machen, ist vor allem eine sehr *gute Politur* des Eisens nothwendig, so daß man darauf durchaus keine Streifen und Ueberbleibsel der vorangegangenen Schleifsteine und Polirpulver mehr gewahr werden kann; darauf darf dann nur eine ganz *schwache Säure*, Selpetersäure oder Salzsäure, so sehr verdünnt mit Wasser, daß sie nur kaum angreift, aufgepinselt, beständig mit dem Haarpinsel erneuert und rasch verstrichen werden. Man hält dabei die Aetzfläche am besten etwas schief, bald diese bald jene Ecke tiefer, damit die Säure fortwährend wieder in einen Untersatz abtropfen kann. Gewöhnlich sieht man die Eisenmeteoriten in den Sammlungen so grob mit starker Säure angeätzt, daß alle Eisenarten mit einander gleich stark angegriffen sind und man nichts mehr auf der zerfressenen Fläche erkennen kann, als zerrüttetes Gefüge von Balkeneisen. Bei solchem derben Vorgehen wird man niemals in die feine Struktur dieses Gegenstandes eindringen, und ich kann Vorsicht und Sorgfalt nicht genug empfehlen.

Das *Vorkommen* der Kämme ist deutlich in den meisten Eisenmeteoriten, welche Widmannstättensche Figuren besitzen. Wenn man einen auf *Lenarto* glücklich geführten Schnitt nach der Aetzung möglichst schief gegen das Einfallen des Lichtes hält, so sieht man unter den Fülleisen-

feldern sogleich viele in röthlichgelben Fasern schimmern, von denen sie überzogen sind. Hält man sie gegen den Sonnenstrahl, und diefs so, dafs dieser den thunlichst spitzen Winkel mit der geätzten Schnittfläche macht, so kann es gelingen, dafs man die Schatten gewahr wird, welche die entblöfsten Tänitblättchen auf die Ebene und die Füll-eisenkämme auf die schmalen Gassen werfen, die sie zwischen einander bilden. Man sieht alsdann sehr schön neben einander die Kämme und das Bandeisen (Tänit) röthlich schimmern über grauem Grunde. Aehnlich, stärker oder schwächer, findet man sie auf *Ashville, Nebraska, Texas, Elbogen, Lokport, Agram, Durango, Carthago*; sparsamer auf *Istlahuaca, Manji, Bata, Tula, Tejupilco, Sta. Rosa, Putnam, Madoc, Orangefluss, Ocotitlan, Seneca, Misteca*, wenig in *Bohumilz* und *Schwetzs*; sehr fein auf *Löwenfluss* und *Charlotte*; mikroskopisch auf *Ruff*; auf *Burlington* reichlich in den feinsten mikroskopischen Gruppen zusammengeschaart, wodurch für das freie Auge röthliche verschwommene Knäule entstehen, die in einander übergehen. — Bisweilen sind die Fülleisenfelder nur *fleckweise* damit besetzt, wie hier und da in *Tejupilco*; oder sie beginnen von dem Rande einer Seite aus, tauchen dann alle im Fülleisen unter, und kommen auf der entgegengesetzten Seite wieder miteinander zum Vorschein, wo sie dann wahre Kämme wie Striegeln bilden. Manchmal *durchkreuzen* sie einander unter spitzen und rechten Winkeln. Aber auch in der Pallasgruppe fehlen sie nicht, und kommen im Fülleisen derselben in ganzen Büscheln vor. *Atakama* ist fleckweise geröthet davon wie *Ruff*. In *Steinbach* und *Brahin* sind sie mikroskopisch. In andern Fällen sieht man ganze Füllfelder mikroskopisch fein ausgefüllt mit dem zartesten Balkeneisen, zu beiden Seiten begleitet von Doppellinien von fahlem Tänit. — Am zartesten sind die Blättchen in einzelnen Füllfeldern von *Atakama*, die sie, wie bei *Burlington*, röthlich schimmernd machen und bei hundertfacher linearen Vergrößerung in tausendfältigen Blättchen zwischen Plessit in Gruppen darstellen, welche unter sich Winkel

von
Aug
M
wahr
Bab
scha
Smit
2
wer
hen,
Käm
die
es g
das
Dies
dabe
schie
mac
lich
mit
doch
von
I
ange
nung
sind
in v
hält
man
schli
die
mac
ande
teor
dem
Wir
ligk
Po

von 60° machen. Diefs ist alles so fein, dafs das blofse Auge davon nur noch Wechselschimmer wahrnimmt.

Meteoreisen mit Trias, in welcher ich keine Kämme wahrgenommen habe, sind *Seeläsgen, Bruce, Caryfort, Babbsmill, Rasgata, Sarepta, Sevier, Arwa, Chester, Kamtschatka, Cabaja, Cap, Hauptmannsdorf, Zacatecas, Nelson, Smithland.*

Zu einer direkten *chemischen Untersuchung* der Kämme werden wir nur schwer gelangen, es müfste denn geschehen, dafs wir einen Eisenmeteoriten fänden, in welchem die Kämme aus einander fielen nach Art von Cosby, und man die Kammlättchen herauslesen könnte. Eher jedoch könnte es gelingen, mit schwacher Säure, namentlich mit Essigsäure, das Fülleisen, in welchem die Kämme stecken, aufzulösen. Diese Säure zeigt die Fähigkeit das Eisen aufzulösen und dabei die Tänitblätter viel weniger als Mineralsäuren, ja schier gar nicht, anzugreifen, während sie Balkeneisen (Kamacit) und Fülleisen (Plessit) kalt langsam zwar, aber endlich gänzlich auflöst. Es wird vielleicht gelingen, die Kämme mit ihrer Hülfe gänzlich blofszulegen. Die Analyse wird jedoch kaum ein anderes Ergebnifs liefern, als was sie schon von den Tänitblättern gewährt hat.

Hiermit sind wir beim Schlusse der Glieder der Trias angelangt. Ihre Gesamtheit beherrscht die ganze Erscheinung des metallischen Eisens durch alle Meteoriten. Sie sind bald ziemlich gleichförmig darin vertheilt, namentlich in vielen Widmannstätten, bald waltet Ein Glied unverhältnismäfsig vor, wie das Balkeneisen (Kamacit) in Hauptmannsdorf und wie das Fülleisen (Plessit) in Cap, und diese schliessen dann die Andern ganz oder fast ganz aus. Durch die Reihe der Steinmeteoriten herrscht vorwaltend der Kamacit. Das Bandeisen (Tänit) ist bis jetzt nirgends beide andern überwiegend vorgefunden worden. Einen Eisenmeteoriten oder eisenhaltigen Steinmeteoriten, der nicht unter dem Gesetze der Trias stände, giebt es wahrscheinlich nicht. Wir werden in der Folge sehen, dafs es noch andere Zufälligkeiten im Meteoreisen giebt, aber die Herrschaft der Trias

überwältigen sie niemals. Wer daher irgend einige Kenntniss vom Wesen der Meteoriten erlangen will, muß vor Allem Einsicht in die Trias sich erwerben, ohne welche alles Urtheil nur oberflächlich seyn kann.

Rückblick.

1) Das Bandeisen (Tänit) schließt in den mehrsten Eisenmeteoriten felderartige Räume ein, welche mit einer eigenthümlichen Eisenverbindung ausgefüllt sind, hier Fülleisen, Plessit, genannt.

2) Es ist polirt, vor der Aetzung vom übrigen Eisen der Trias, der es angehört, dem Ansehen nach nicht zu unterscheiden; nach der Aetzung erscheint es gewöhnlich dunkelgrau, minder häufig eisengrau, in Fällen grünlich oder röthlichgrau; glanzlos, vollkommen matt, äußerst feinkörnig, amorph, der Gestalt nach von seiner Unterlage, dem Tänite, bedingt. In der Pallasgruppe ist es von bogenförmig krummen, in der Widmannstättengruppe gesetzlich von ebenen Flächen begrenzt, die jedoch mancherlei zufälligen Störungen unterliegen.

3) In seltenen Fällen gewahrt man zonenartige Ablagerung, angedeutet durch Spuren von Schichtung grau in grau.

4) Es nimmt in manchen Meteoriten überhand und drängt die beiden andern Glieder der Trias so sehr in den Hintergrund, daß die Eisenmassen fast ausschließlich daraus bestehen, z. B. in Cap.

5) Im Eisen der Steinmeteoriten kommt es sparsam vor.

6) Die Fülleisenfelder sind häufig von äußerst feinen Bündeln, Kämme von Bandeisen (Tänit) besetzt, ja bisweilen davon ganz vollgestopft. Sie liegen zahlreich in parallelen Blättchen nebeneinander, bald dem bloßen Auge sichtbar, bald abnehmend zarter bis zum Mikroskopischen, und geben dann dem Fülleisen röthlichgraue Färbung.

Eine chemische Untersuchung des Fülleisens und der darin vorkommenden Kämme besitzen wir noch nicht.

VI. Ueber einige durch die Haarröhrchenanziehung des Papieres hervorgebrachte Trennungswirkungen; von C. F. Schönbein.

Um die Beschreibung der Ergebnisse meiner Versuche möglichst kurz zu fassen, sei zuvörderst bemerkt, dafs dabei 8" lange und 1" breite Streifen weissen ungeleimten Papieres angewendet wurden, welche man, senkrecht aufgehangen, an ihrem untern Ende eine Linie in die Versuchsflüssigkeit so lange eintauchen liefs, bis sie einen Zoll hoch capillar benetzt waren. Als Versuchsflüssigkeiten dienten verdünnte wässrige Lösungen von Alkalien, Säuren, Salzen und Farbstoffen.

Trennungswirkungen auf alkalische Lösungen.

Kalilösung mit 1 Proc. KO-Gehalt. Beim Eintauchen des capillar benetzten Feldes in Curcumatinctur werden nur die untern sieben Zehntel des Papieres braunroth, während die obern drei Zehntel vollkommen gelb bleiben. Ein übereinstimmendes Ergebnifs wird mit gelbem Curcuma- oder geröthetem Lackmuspapier erhalten: die höhern benetzten Stellen dieser Papiere bleiben gelb oder roth und werden nur die untern gebräunt oder gebläut.

Da der gelbe Farbstoff der Curcuma oder das Lackmusroth gegen Kali so äufserst empfindlich ist, so kann da, wo das Papier benetzt, nicht aber gebräunt oder gebläut erscheint, auch kein Kali vorhanden seyn; woraus folgt, dafs der obere Theil des Papieres durch blofses Wasser benetzt ist und somit auch, dafs durch die Haarröhrchenanziehung des Papieres Wasser von Kali auf das Vollständigste getrennt wird.

Natronlösung mit 1 Procent NaO-Gehalt verhält sich ähnlich der vorigen, doch werden $8\frac{1}{2}$ Theile des benetzten Feldes durch Curcumatinctur gebräunt und bleiben nur die obern $1\frac{1}{2}$ Theile gelb.

Lithonlösung mit 1 Proc. LO-Gehalt in Natronlösung.
Gesättigte Burytlösung. Nur die drei untern Zehntel des benetzten Feldes werden durch Curcumatinctur gebräunt und färben sich die übrigen sieben Zehntel rein gelb.

Gesättigte Strontian- und Kalklösungen. Kaum der unterste zehnte Theil des benetzten Feldes bräunt sich in Curcumatinctur und werden volle neun Zehntel rein gelb gefärbt.

Trennungswirkungen auf Säurelösungen.

Schwefelsäurelösung mit 1 Procent SO_3 -Gehalt. Die untern vier Fünftel des benetzten Feldes färben die mit einem Pinselchen aufgetragene blaue Lackmustinctur roth, während das obere Fünftel keine Wirkung auf dieselbe hervorbringt. Bei Anwendung eines Streifens blauen Lackmuspapieres erhält man ein gleiches Ergebniss: der obere Theil des benetzten Feldes erscheint blau, der Rest roth.

Salpetersäurelösung mit 1 Proc. NO_3 -Gehalt. In verdünntes Lackmuspapier getaucht röthet sich nur die untere Hälfte des benetzten Feldes und färbt sich die obere blau.

Phosphorsäurelösung mit 1 Procent PO_5 -Gehalt. In verdünnter Lackmustinctur röthet sich das ganze Feld.

Salzsäurelösung mit 1 Proc. HCl -Gehalt. Es röthen sich ungefähr die zwei untern Drittel.

Oxal-, Zitronen- und Weinsäurelösungen mit 1 Procent Säuregehalt verhalten sich ungefähr wie die Schwefelsäurelösung.

Gallusgerbsäurelösung mit 1 Proc. Säuregehalt. Einge- taucht in eine verdünnte Eisenoxydsalzlösung färben sich nur die untern drei Zehntel blauschwarz und bleiben die obern sieben Zehntel farblos. Aehnlich verhalten sich die wässrigen Lösungen der Gallus- und Brenzgallussäure. Was die letztere Lösung betrifft, so stelle ich mit ihr den Versuch auf zweierlei Art an, entweder so, dass das von ihr capillar benetzte Feld erst in Kalilösung getaucht und dann der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes ausgesetzt wird, wobei nur das untere Drittel des Feldes sich bräunt

und die obern zwei Drittel farblos bleiben. Oder ich führe das benetzte Feld in eine Ozonatmosphäre ein, in welcher nur das untere Drittel desselben gefärbt wird.')

Trennungswirkungen auf gelöste Salze.

Eisenoxydsalzlösung mit 1 Proc. Salzgehalt. Ich wendete bei meinen Versuchen gewöhnlich das salzsaure Eisenoxyd an, will aber bemerken, daß auch die übrigen löslichen Eisenoxydsalze ein gleiches Verhalten zeigen. Beim Eintauchen des benetzten Feldes in Gallusgerbsäure- oder Kaliumeisencyanürlösung färbt sich nur die untere Hälfte desselben blauschwarz oder blau und bleibt die obere farblos.

Bleinitratlösung mit 1 Procent Salzgehalt. Beim Einführen des bewegten Feldes in Schwefelwasserstoffgas bräunen sich die untern drei Fünftel desselben und bleiben die obern zwei Fünftel farblos.

Silbernitratlösung mit 1 Proc. Salzgehalt. Sieben Zehntel des benetzten Feldes werden in HS braun und bleiben die drei Oberrn weiß.

Kupfercitriollösung mit 1 Proc. Salzgehalt verhält sich ungefähr wie die Silberlösung.

Kadmiumnitratlösung mit 1 Proc. Salzgehalt. Nur die untere Hälfte des bewegten Feldes wird in HS gelb gefärbt und bleibt der Rest farblos.

Brechwinsteinlösung mit 1 Proc. Salzgehalt. In HS färbt sich das ganze benetzte Feld.

Kalkhypochlorit mit 1 Proc. Salzgehalt. Nur die untern vier Fünftel des benetzten Feldes bläuen den aufgetragenen verdünnten Iodkaliumkleister, während das obere Fünftel nicht auf ihn einwirkt.

Iodkaliumlösung mit 1 Procent Salzgehalt. Iodkalium und Wasser wandern nahezu gleich schnell durch das Papier; es eilt jedoch letzteres nur ein Weniges voraus, wie daraus erhellt, daß beim Einführen des benetzten Feldes

1) Meinen frühern Versuchen gemäß ist die Pyrogallussäure eines der empfindlichsten Reagentien auf Ozon.

in ozonisirte Luft etwa das oberste Zwanzigstel desselben farblos bleibt, während der Rest sofort gebräunt wird.

Kalihaltige Iodkaliumlösung mit 2 Procent KJ- und 1 Procent KO - Gehalt. Ein mit dieser Lösung durch Eintauchen getränkter Papierstreifen wird selbstverständlich in ozonisirter Luft an keiner Stelle gebräunt; läßt man aber in der oben angegebenen Weise einen Papierstreifen über der besagten Flüssigkeit so lange hängen, bis sie auf capillarem Wege einen halben Zoll im Papier angestiegen ist, so wird beim Einführen des benetzten Feldes in ozonisirte Luft nur ungefähr die untere Hälfte desselben farblos bleiben, während die obere Hälfte sich augenblicklich bräunt, mit Ausnahme eines schmalen zu oberst gelegenen Streifens, der völlig farblos erscheint. Dieser Versuch zeigt, daß Kali, Iodkalium und Wasser ungleich schnell das Papier auf capillarem Wege durchdringen: das Wasser eilt voraus, das Iodkalium folgt und dem Salze rückt das Kali nach.

Iodhaltige Iodkaliumlösung. Läßt man auf capillare Weise einen Papierstreifen zollhoch von einer Lösung durchdrungen werden, welche $\frac{1}{2}$ Proc. Iodkalium enthält und durch Iod rothbraun gefärbt ist, so erscheint nur das untere Drittel des benetzten Feldes gebräunt und ist der Rest farblos. Führt man das so beschaffene Papier in ozonisirte Luft ein, so bräunt sich natürlich auch sofort der weiße Theil des Feldes, außer einer zu oberst gelegenen sehr schmalen Stelle. Man sieht hieraus, daß auch in diesem Falle die drei in der Versuchsflüssigkeit vorhandenen Materien mit verschiedener Geschwindigkeit durch das Papier wandern und eben dadurch theilweise von einander sich trennen.

Trennungswirkungen auf gelöste Farbstoffe.

Indigolösung. Läßt man über Wasser, durch Indigotinctur so tief gefärbt, daß es darin eingetauchte Leinwand u. s. w. noch ziemlich starkt bläut, einen Papierstreifen so lange hängen, bis derselbe einen Zoll hoch capillar benetzt

ist, so erscheint nur die untere Hälfte des befeuchteten Feldes gebläut, die obere Hälfte durchaus farblos. Da die gewöhnliche Indigolösung immer freie Schwefelsäure enthält, so kann auch der farblose Theil unseres benetzten Feldes nicht gleichartig befeuchtet seyn. Untersucht man denselben von oben nach unten, indem man ihn mittelst eines in blaue Lackmustinctur getauchten Pinselchens bestreicht, so zeigt sich, daß die obern zwei Fünftel den Farbstoff unverändert lassen, während die untern drei Fünftel ihn röthen.

Hämatoxylinlösung. Das von einer frisch bereiteten und beinahe farblosen wässrigen Lösung dieses Chromogens benetzte und ebenfalls farblos erscheinende Feld, in Ammoniakgas oder verdünnte Kalilösung eingeführt, wird nur zu einem Drittel gebläut, während die zwei obern Drittel vollkommen farblos bleiben. Wendet man den Absud des Blauholzes zum Versuch an, so wird nur das untere Fünftel des benetzten Feldes gefärbt und ist der Rest farblos; in Ammoniakgas färbt sich jedoch das untere Viertel dieses Restes ziemlich stark violett, was beweist, daß sich hier noch Hämatoxylin befindet, welches somit dem schon oxydirten Farbstoff vorausseilt.

Fernambukabsud. Das von demselben benetzte Feld färbt sich in Ammoniakgas nur zum kleinsten Theile, indem die obern neun Zehntel weiß bleiben.

Lackmustinctur. Der in dieser Lösung enthaltene Farbstoff wandert durch das Papier beinahe eben so schnell als das Wasser; es erscheint jedoch das oberste Zwölftel des benetzten Feldes anstatt blau licht violett, was einiges Vorausseilen des Wassers andeuten dürfte.

Wesentlich anders verhält sich die durch Salzsäure u. s. w. geröthete Tinctur: enthält dieselbe einen merklichen Ueberschuß an Säure, so erscheint nur das untere Drittel des benetzten Feldes geröthet, während der Rest gänzlich farblos ist und untersucht man diesen von oben nach unten mittelst blauer Lackmustinctur, so erweist sich der obere

kleine Theil als säurefrei, wogegen der untere das Lackmusblau röthet.

Ist die Tinctur zwar noch vollkommen geröthet, aber weniger stark gesäuert, so wandert dem Farbstoff nur Wasser voraus, wie daraus erhellt, daß der farblose Theil des benetzten Feldes die blaue Lackmustinctur an keiner Stelle mehr röthet. Wenn die Tinctur noch weniger Säure enthält, aber doch so ist, daß sie eingetauchtes Lackmus noch roth färbt, so zeigt das benetzte Feld zwei Abtheilungen, von welchen die untere und kleinere roth, die obere schwach gebläut erscheint und durch Säure geröthet wird. Hieraus erhellt, daß die schwach gesäuerte Lackmustinctur eine Mischung von rother und blauer ist, und die Eine von der Andern durch die Haarröhrchenanziehung des Papiere getrennt werden kann.

Die angeführten Beispiele zeigen, daß mit wenigen Ausnahmen das Wasser den in ihm gelösten Substanzen auf capillarem Wege mehr oder weniger schnell vorausseilt, weshalb kaum daran zu zweifeln seyn dürfte, daß dies auch noch in vielen andern Fällen geschehen werde. Wie man sieht, ist bei meinen Versuchen noch keine Rücksicht genommen auf den Einfluß der Temperatur, des Concentrationsgrades der Versuchsflüssigkeit u. s. w., wie auch die capillaren Wanderungsverhältnisse der von mir untersuchten Substanzen ziemlich roh angegeben sind.

Ich glaube aber, daß trotz dieser Lückenhaftigkeit die erhaltenen Ergebnisse nicht ohne Interesse sind und hoffe, daß der eine oder andere Physiker dadurch veranlaßt werde, die durch Capillarität hervorgebrachten Trennungswirkungen zum Gegenstand einer umfassenden und genauen Untersuchung zu machen.

VII. Ueber die Frage, ob die tägliche Schwankung des Barometers durch die Erwärmung der Erdoberfläche allein erklärt werden kann, oder ob sie theilweise einer kosmischen Kraft zugeschrieben werden muß; von Dr. Lamont.

Ich habe wiederholt schon mit der Frage über die Ursache der täglichen Barometerschwankungen mich beschäftigt ¹⁾ und bin zu der Ansicht gelangt, daß sie nur zum Theil der Erwärmung der Erdoberfläche durch die Sonne zugeschrieben werden können, zum größten Theile aber von einer *kosmischen Kraft* herrühren, die, verschieden von der Schwere, ihren Sitz in der Sonne hat, und die ich vorläufig als identisch mit der Elektrizität annehme.

Die Methode, wonach ich zu diesem Resultate gelangt bin, besteht einfach darin, daß ich die täglichen Barometerschwankungen durch eine periodische Reihe ausdrückte. Hierbei zeigte sich, daß so verschieden auch in verschiedenen geographischen Breiten und verschiedenen Meereshöhen das Phänomen im Ganzen sich gestaltet, dennoch überall ²⁾ die Beobachtung durch zwei Glieder dargestellt werden konnte, wovon das erste eine Periode von 24 Stunden hat und im Sommer groß im Winter klein ist, also mit der Temperatur übereinstimmt, während das zweite ganz analog der Ebbe und Fluth in 24 Stunden zwei Maxima und zwei Minima giebt und in kalten und warmen Monaten in hohen und tiefen Beobachtungspunkten so nahe

1) *Bull. de Bruxelles Classe des sciences*, 1859, p. 629. — Monatliche und jährliche Resultate der Münchener meteorol. Beobachtungen p. XXI. — Jahresbericht der Münchener Sternwarte 1858. p. 67. — *Pogg. Ann.* CLX. 89.

2) Ich habe die Berechnung für Madras, St. Helena, Hobarton, Toronto, Madrid, München, Prag, Petersburg gegeben: eine weitere Ausdehnung der Rechnungen schien unnöthig, da nirgends eine Andeutung sich zeigte, daß in dieser Hinsicht Anomalien vorkommen. An der Seeküste ist es mir übrigens wahrscheinlich, daß durch die Ebbe und Fluth des Meeres eine kleine Modification herbeigeführt wird.

übereinstimmende Gröfse hat, dafs es durch eine von atmosphärischen Einflüssen unabhängige Kraft bedingt seyn mufs.

Die Bekanntmachung dieses eigenthümlichen Ergebnisses hat Hr. Kreil veranlafst eine ähnliche von ihm ausgeführte Untersuchung zu veröffentlichen¹⁾, wobei er jedoch einen ganz verschiedenen Weg eingeschlagen hat. Indem er vorzugsweise die Wendepunkte und die Gröfse der Bewegung in kalten und warmen Monaten, an trüben und heiteren Tagen, in höher und tiefer gelegenen Gegenden vergleicht, sucht er nachzuweisen, dafs man den *auf- und absteigenden Luftstrom* als Ursache der täglichen Barometerschwankungen annehmen müsse. Gleich von vornherein erscheint diese Erklärung viel einfacher und natürlicher als die von mir gegebene: soll sie jedoch consequent und bis ins Einzelne durchgeführt werden, so begegnet man zahlreichen Schwierigkeiten, die um so bedenklicher sind, da uns die Beobachtung nur einzelne Andeutungen über das Vorhandenseyn und die Wirkungen der verticalen Luftbewegung giebt, und der Vorgang nicht minder wie die Existenz der Sonnenelektricität in Dunkel gehüllt ist. Ich habe übrigens hier nicht die Absicht, auf die Beweisführung des Hrn. Kreil näher einzugehen, sondern meine eigene Beweisführung einigermassen zu vervollständigen durch Berücksichtigung eines Umstandes, auf welchen mich die Arbeit des Hrn. Kreil erst aufmerksam gemacht hat. Einen beträchtlichen Theil seiner Schlüsse gründet er nämlich auf die Scheidung der *trüben* und *heiteren* Tage desselben Monats, und gerade diese Scheidung scheint mir geeignet als Kriterium in meiner Theorie benutzt zu werden. Ist wirklich eine atmosphärische Ebbe und Fluth vorhanden, so wird sie an trüben wie an heiteren Tagen in gleicher Gröfse sich offenbaren müssen, während die 24stündige Periode, welche von der Temperatur abhängt, an trüben Tagen viel kleiner als an heiteren ausfallen wird.

Die Scheidung der trüben und heiteren Tage hat jedoch in unserm Klima zwei Uebelstände; einmal dafs die Zahl

1) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, Bd. XLIII. S. 121.

der
che
ru
ru
täg
mä
hab
he
zus
am
nat
ber
Jun
bez
mer
sind

S
14
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

heiter
Pro

der heitern Tage kaum hinreichend groß ist um einen *sichern* Mittelwerth zu geben, und dann dafs bei trüber Witterung das Barometer mehr steigt als fällt, bei heiterer Witterung aber mehr fällt als steigt, wovon die Folge ist, dafs im täglichen Gange zugleich mit dem Periodischen eine *allmähliche Zu- oder Abnahme* sich zeigt. Diesem Uebelstande habe ich zuerst dadurch auszuweichen gesucht, dafs ich nicht heitere und trübe *Tage* sondern heitere und trübe *Monate* zusammenstellte. Die dabei erhaltenen Resultate wurden am Ende mit Rücksicht auf die Uebereinstimmung der Monate in vier Gruppen zusammengezogen, nämlich November, December, Januar, — Februar, März, April, — Mai, Juni, Juli, — August, September, October. Diese Gruppen bezeichne ich der Kürze wegen als *Winter, Frühling, Sommer, Herbst*. Die für den täglichen Gang erhaltenen Zahlen sind wie folgt.

Stunde	Winter		Frühling		Sommer		Herbst	
	heiter	trübe	heiter	trübe	heiter	trübe	heiter	trübe
1 ^h Morg.	0",13	0",09	0",19	0",15	0",31	0",28	0",20	0",20
2	0,14	0,10	0,18	0,10	0,30	0,24	0,17	0,16
3	0,14	0,08	0,10	0,05	0,26	0,19	0,13	0,13
4	0,10	0,04	0,10	0,02	0,27	0,18	0,11	0,11
5	0,08	0,02	0,12	0,02	0,31	0,21	0,12	0,11
6	0,09	0,04	0,16	0,06	0,35	0,26	0,16	0,14
7	0,12	0,08	0,21	0,13	0,40	0,31	0,23	0,21
8	0,18	0,16	0,27	0,17	0,43	0,34	0,28	0,25
9	0,24	0,21	0,30	0,22	0,43	0,33	0,32	0,29
10	0,30	0,26	0,32	0,25	0,41	0,32	0,33	0,30
11	0,27	0,23	0,31	0,24	0,37	0,29	0,30	0,26
12 Mittag	0,16	0,13	0,24	0,19	0,31	0,23	0,24	0,20
1 Ab.	0,05	0,05	0,16	0,12	0,22	0,16	0,16	0,13
2	0,00	0,00	0,08	0,05	0,14	0,10	0,10	0,06
3	0,03	0,03	0,03	0,03	0,08	0,05	0,04	0,03
4	0,05	0,05	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00
5	0,08	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,09	0,10	0,06	0,07	0,02	0,03	0,03	0,04
7	0,12	0,13	0,12	0,14	0,09	0,10	0,10	0,10
8	0,13	0,14	0,19	0,20	0,17	0,19	0,16	0,17
9	0,15	0,15	0,22	0,22	0,27	0,30	0,20	0,21
10	0,15	0,14	0,23	0,22	0,31	0,33	0,23	0,22
11	0,15	0,13	0,24	0,20	0,32	0,35	0,23	0,23
12 Mittern.	0,13	0,10	0,21	0,18	0,32	0,31	0,22	0,21
heitere Tage) Procenle }	22	3	28	6	28	7	30	9

Diese Zahlen müssen durch eine periodische Interpolationsreihe dargestellt werden. Bedeutet n die Zeit in Stunden ausgedrückt und vom wahren Mittage an gerechnet (die Beobachtungen selbst sind nach mittlerer Zeit angestellt), und wird das erste Glied als *Temperaturwirkung*, das zweite als *Ebbe und Fluth* bezeichnet, so erhält man:

Temperatur - Wirkung.

heiter

Winter	$0'',036 \sin (15n + 170^\circ 39')$
Frühling	$0,057 \sin (15n + 176 \ 58)$
Sommer	$0,048 \sin (15n + 183 \ 32)$
Herbst	$0,070 \sin (15n + 174 \ 0)$

trübe

Winter	$0'',013 \sin (15n + 123^\circ 44')$
Frühling	$0,005 \sin (15n + 225 \ 7)$
Sommer	$0,100 \sin (15n + 203 \ 3)$
Herbst	$0,060 \sin (15n + 188 \ 43)$

Ebbe und Fluth.

heiter

Winter	$0'',072 \sin (30n + 154^\circ 34')$
Frühling	$0,115 \sin (30n + 151 \ 6)$
Sommer	$0,107 \sin (30n + 144 \ 14)$
Herbst	$0,111 \sin (30n + 146 \ 3)$

trübe

Winter	$0'',077 \sin (30n + 157^\circ 45')$
Frühling	$0,112 \sin (30n + 152 \ 14)$
Sommer	$0,115 \sin (30n + 146 \ 9)$
Herbst	$0,096 \sin (30n + 149 \ 5)$

Man sieht hieraus, daß während sowohl die Größe der Periode als auch die Wendepunkte bei trüber Witterung anders sich verhalten als bei heiterer Witterung, in dem Verlaufe der Ebbe und Fluth eine erhebliche Verschiedenheit nicht vorhanden ist. Gleichwohl fällt das Resultat minder entscheidend aus als zu wünschen wäre, da, wie man aus der Tabelle ersieht, auch in den als *heiter* angenomme-

nen Monaten die Zahl der trüben Tage noch immer weit überwiegend ist. Somit blieb nichts anderes übrig als aus den Tagebüchern die *heiteren* und *trüben Tage* herauszuheben und zu Mittelwerthen zu vereinigen. In den Resultaten zeigte sich, wie oben schon bemerkt wurde, eine allmähliche Zu- oder Abnahme, die ich als *gleichmässig fortschreitend* angenommen und in Rechnung gebracht habe, so dass zuletzt folgende Zahlen sich ergaben:

Stunde	Winter		Frühling		Sommer		Herbst	
	heiter	trübe	heiter	trübe	heiter	trübe	heiter	trübe
1 ^h Morg.	0 ^{'''} ,02	0 ^{'''} ,06	0 ^{'''} ,17	0 ^{'''} ,17	0 ^{'''} ,28	0 ^{'''} ,20	0 ^{'''} ,18	0 ^{'''} ,11
2	0,05	0,08	0,14	0,11	0,26	0,16	0,16	0,08
3	0,05	0,06	0,12	0,05	0,26	0,11	0,15	0,03
4	0,03	0,03	0,11	0,02	0,28	0,14	0,15	0,00
5	0,02	0,01	0,15	0,00	0,34	0,15	0,18	0,00
6	0,04	0,01	0,22	0,04	0,40	0,20	0,24	0,01
7	0,10	0,08	0,33	0,09	0,46	0,26	0,31	0,10
8	0,16	0,16	0,34	0,16	0,50	0,29	0,36	0,16
9	0,22	0,22	0,37	0,22	0,55	0,29	0,41	0,23
10	0,28	0,27	0,40	0,27	0,48	0,29	0,42	0,24
11	0,25	0,24	0,39	0,28	0,44	0,27	0,38	0,23
12 Mittag	0,14	0,14	0,32	0,24	0,38	0,24	0,27	0,18
1 Ab.	0,04	0,04	0,23	0,19	0,29	0,17	0,21	0,13
2	0,00	0,00	0,15	0,15	0,22	0,12	0,15	0,08
3	0,02	0,02	0,08	0,09	0,13	0,06	0,06	0,05
4	0,00	0,05	0,03	0,08	0,06	0,03	0,02	0,03
5	0,01	0,09	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,04
6	0,02	0,11	0,04	0,16	0,01	0,03	0,02	0,08
7	0,04	0,14	0,11	0,23	0,05	0,09	0,08	0,14
8	0,05	0,15	0,17	0,26	0,13	0,18	0,16	0,20
9	0,06	0,15	0,20	0,27	0,23	0,25	0,21	0,23
10	0,06	0,12	0,20	0,26	0,27	0,27	0,22	0,22
11	0,07	0,10	0,22	0,23	0,30	0,27	0,23	0,19
12 Mittern.	0,04	0,06	0,21	0,20	0,31	0,24	0,21	0,15
Zahl der Tage	120	78	180	78	165	78	180	78

Wenn hier mehr heitere als trübe Tage vorkommen, so hat dies seinen Grund darin, dass trübe Tage, an denen eine atmosphärische Störung eintrat, ausgeschlossen wurden, was bei heiteren Tagen nicht geschehen konnte, weil sonst die Zahl viel zu klein ausgefallen wäre. Leitet man, ganz wie es bei der ersten Tabelle geschah, die periodischen Reihen ab, so erhält man folgende Resultate;

Temperatur-Wirkung.

heiter

Winter	0",065 sin (15n + 120° 51')
Frühling	0,102 sin (15n + 148 48)
Sommer	0,182 sin (15n + 164 29)
Herbst	0,112 sin (15n + 158 20)

trübe

Winter	0",025 sin (15n + 87° 25')
Frühling	0,048 sin (15n + 13 24)
Sommer	0,064 sin (15n + 183 46)
Herbst	0,020 sin (15n + 30 9)

Ebbe und Fluth.

heiter

Winter	0",074 sin (30n + 153° 17')
Frühling	0,119 sin (30n + 151 54)
Sommer	0,110 sin (30n + 142 38)
Herbst	0,118 sin (30n + 151 26)

trübe

Winter	0",080 sin (30n + 165° 0')
Frühling	0,107 sin (30n + 147 51)
Sommer	0,106 sin (30n + 146 38)
Herbst	0,110 sin (30n + 150 53)

Obwohl die Anzahl der heiteren Tage gegenüber den in unserm Klima vorkommenden Zufälligkeiten sehr klein ist, so stellen sich doch die Gegensätze mit größter Bestimmtheit heraus. Während die Temperaturwirkung an trüben Tagen nur den dritten oder vierten Theil ausmacht von dem Betrage, den sie an heiteren Tagen erreicht, und auch die Wendepunkte ganz verschieden sich gestalten, zeigt sich die atmosphärische Ebbe und Fluth an trüben und an heiteren Tagen vollkommen gleich: hiemit ist eine neue und wie mir scheint sehr gewichtige Bestätigung der am Anfange dieses Aufsatzes ausgesprochenen Ansicht erlangt.

Ich bemerke noch, daß meinen frühern Untersuchungen zufolge die Temperatur auch auf das zweite Glied der In-

terpolationsreihe einen kleinen Einfluss hat, der abziehen gewesen wäre um den wahren Betrag der Ebbe und Fluth zu erhalten, im gegenwärtigen Falle aber es unnöthig erschien hierauf Rücksicht zu nehmen, da es nur um eine *Vergleichung* der Resultate bei trüber und heiterer Witterung sich handelte.

VIII. *Ueber das Verhältniss der magnetischen Horizontal-Intensität und Inclination in Schottland; von Dr. Lamont.*

Bei Gelegenheit der magnetischen Untersuchungen, welche ich im Jahre 1849 an verschiedenen Punkten von Bayern ausführte, bemerkte ich zum ersten Male den engen Zusammenhang zwischen der Horizontal-Intensität und Inclination ¹⁾. An nördlicheren Stationen traf ich eine Abnahme der Intensität und eine im *bestimmten Verhältnisse* stehende Zunahme der Inclination an: gegen Süden nahm die Intensität zu, die Inclination dagegen ab und zwar genau wieder nach *demselben Verhältnisse*. Das constante Verhältniss bestand darin, dass einer Aenderung der Intensität von 0,0010 (absolutes Maass) eine dem Zeichen nach entgegengesetzte Aenderung der Inclination von *einer Minute* entsprach.

Das Verhältniss schien mir so merkwürdig, dass ich bei meinen späteren Expeditionen nach Frankreich und Spanien, dann nach dem nördlichen Deutschland, Belgien, Holland und Dänemark besondere Aufmerksamkeit darauf wendete, wie man aus den betreffenden Publicationen ²⁾ entnehmen kann.

Zunächst kommt es, wie ich glaube, gegenwärtig darauf an zu ermitteln, wie in verschiedenen Ländern sich das

- 1) Magnetische Ortsbestimmungen an verschiedenen Punkten des Königreichs Bayern und an einigen auswärtigen Stationen, I. Theil, S. 42.
- 2) Untersuchungen über die Richtung und Stärke des Erdmagnetismus an verschiedenen Punkten des südwestlichen Europa S. 57. Magnetische Untersuchungen in Nord-Deutschland, Belgien, Holland, Dänemark S. 20.

Verhältniß gestaltet, und da ein neues hiezu geeignetes Material durch die im Jahre 1857 und 1858 von Welsh ¹⁾ in Schottland ausgeführten magnetischen Messungen dargeboten wird, so schien es mir zweckmäßig zu untersuchen in wie weit die Ergebnisse mit dem, was ich auf dem Continente gefunden habe, übereinstimmen. Die unmittelbaren Resultate der Messung, deren Reduction auf gleiche Epoche allerdings wünschenswerth gewesen wäre, aber in Ermangelung der nöthigen Data nicht bewerkstelliget werden konnte, sind wie folgt:

Station	Breite	Länge	Intensitäten englische Einheiten	Inclination
1857				
Makerstoun	55° 35'	2° 31'	3,4620	70° 50',3
Gretna	55 1	3 3	3,4604	70 46,0
Dumfries	55 5	3 36	3,4714	70 43,8
Newton-Stewart	54 56	4 28	3,4424	70 54,4
Stranraer	54 54	5 2	3,4381	70 55,4
Ayr	55 28	4 38	3,4171	71 5,8
Lamlash	55 31	5 5	3,4310	71 6,3
Helensburgh	56 2	4 43	3,3500	71 27,9
Lochgailhead	56 10	4 54	3,3789	71 17,2
Ardrishaig	56 1	5 27	3,3677	71 25,8
Oban	56 27	5 26	3,3511	71 29,9
Corpach *	56 51	5 8	3,3267	71 53,3
Fort Augustus	57 9	4 40	3,2822	72 2,6
Inverness	57 28	4 11	3,2733	72 7,9
Banff	57 39	2 31	3,2846	71 56,5
Peterhead	57 31	1 46	3,2856	71 54,7
Aberdeen	57 9	2 5	3,2891	71 49,4
Kintore	57 15	2 23	3,3276	71 36,8
Alford	57 14	2 45	3,3168	71 45,9
Braemar	57 1	3 25	3,3553	71 31,3
Pitlochry	56 42	2 43	3,3272	71 35,3
Dalwhinnie	56 56	4 17	3,3349	71 39,5
Larbert	56 2	3 49	3,3378	71 33,5
Edinburgh	55 58	3 11	3,3974	71 11,1
1858				
Makerstoun	55 35	2 31	3,4626	70 49,8
Edinburgh	55 58	3 11	3,4044	71 12,5
Ardrossan	55 39	4 47	3,4184	71 13,5
Port Askey	55 52	6 8	3,4293	71 13,5
Bridgend	55 48	6 16	3,4317	71 14,9
Tobermore *	56 39	6 2	3,1560	72 46,8
Glenmorven *	56 38	5 58	3,3616	72 2,1

1) *Reports of the British Association for 1859, p. 167.*

Station	Breite	Länge	Intensität. Englische Einheiten	Inclination
1858				
Balmacarra	57° 17'	5° 39'	3,2489	72° 12',7
Kyleakin	57 16	5 44	3,2551	72 10,6
Broadford	57 15	5 51	3,2546	72 15,7
Portree	57 26	6 12	3,2737	72 1,2
Stornoway	58 15	6 23	3,2062	72 32,6
Callinish	58 10	6 44	3,1949	72 34,1
Cross	58 29	6 17	3,1730	72 49,1
Loch Inver	58 10	5 12	3,1446	72 35,6
Durnefs	58 34	4 44	3,1574	72 50,0
Thurso	58 35	3 32	3,2017	72 32,7
Lerwick	60 9	1 8	3,1041	73 11,9
Kirkwall	58 59	2 58	3,1915	72 40,9
Wick	58 25	3 5	3,1894	72 39,5
Golspie	57 58	3 58	3,2299	72 25,0
Dingwall	57 34	4 25	3,2134	72 24,5

Die sichersten Stationen sind Edinburgh und Makerstoun, und ich habe deshalb von beiden das arithmetische Mittel genommen und dieses von den übrigen Stationen abgezogen: auf solche Weise erhielt ich die beobachteten Aenderungen ΔX , Δi der Intensität und Inclination, wie sie in den Columnen der folgende Tabelle dargestellt sind; ich bestimmte dann aus der Gesamtheit der Beobachtungen mit Ausschluss der mit Sternchen bezeichneten anomalen Stationen das Verhältniß dazwischen und fand dafs im Mittel eine Minute in der Inclination einer Aenderung von 0,002536 (engl. absolute Einheiten) in der Intensität entspricht, d. h.

$$\Delta i = 394,3 \Delta X$$

ist; die hiernach berechneten Werthe von Δi und die Abweichung von der Beobachtung sind in den beiden letzten Columnen beigefügt.

Station	Intensitäts- Differenz ΔX	Inclinations- Differenz Δi	Inclinations- Differenz berechnet	Abweichung der Rechnung
1857				
Makerstoun	+0,0323	-0° 10,4	-0° 12,7	- 2,3
Gretna	+0,0307	-0 14,7	-0 12,1	+ 2,6
Dumfries	+0,0417	-0 16,9	-0 16,4	+ 0,5
Newton-Stewart	+0,0127	-0 6,3	-0 5,0	+ 1,3
Stranraer	+0,0084	-0 5,3	-0 3,3	+ 2,0
Ayr	-0,0126	+0 5,1	+0 5,0	- 0,1
Lamlash	+0,0013	+0 5,6	-0 0,5	- 6,1
Helensburgh	-0,0797	+0 27,2	+0 31,4	+ 4,2
Lochgoilhead	-0,0508	+0 16,5	+0 20,0	+ 3,5
Ardrisbaig	-0,0620	+0 25,1	+0 24,5	- 0,6
Oban	-0,0786	+0 29,2	+0 31,0	+ 1,8
Corpach*	-0,1030	+0 52,6	+0 40,6	-12,0
Fort Augustus	-0,1475	+1 1,9	+0 58,2	- 3,7
Inverness	-0,1564	+1 7,2	+1 1,7	- 5,5
Banff	-0,1451	+0 55,8	+0 57,2	+ 1,4
Peterhead	-0,1441	+0 54,0	+0 56,8	+ 2,8
Aberdeen	-0,1406	+0 48,7	+0 55,5	+ 6,8
Kintore	-0,1021	+0 36,1	+0 40,3	+ 4,2
Alford	-0,1129	+0 45,2	+0 44,5	- 0,7
Braemar	-0,0744	+0 30,6	+0 29,3	- 1,3
Pitlochry	-0,1025	+0 34,6	+0 40,4	+ 5,8
Dalwhinnie	-0,0948	+0 38,8	+0 37,4	- 1,4
Larbert	-0,0919	+0 32,8	+0 36,3	+ 3,5
Edinburgh	-0,0327	+0 10,4	+0 12,9	+ 2,5
1858				
Makerstoun	+0,0291	-0 11,3	-0 11,5	- 0,2
Edinburgh	-0,0291	+0 11,4	+0 11,5	+ 0,1
Ardrossan	-0,0151	+0 12,4	+0 6,8	- 6,4
Port Askey	-0,0042	+0 12,4	+0 1,7	-10,7
Bridgend	-0,0018	+0 13,8	+0 0,8	-13,0
Tobermorie*	-0,2775	+1 45,7	+1 49,4	+ 3,7
Glenmorven*	-0,0719	+2 1,0	+0 28,4	-92,6
Balmacarra	-0,1846	+1 11,6	+1 12,8	+ 1,2
Kyleakin	-0,1784	+1 9,5	+1 10,4	+ 0,9
Broadford	-0,1789	+1 14,6	+1 10,6	- 4,0
Portree	-0,1598	+1 0,1	+1 3,1	+ 3,0
Stornoway	-0,2273	+1 31,5	+1 29,7	- 1,8
Callinish	-0,2386	+1 33,0	+1 34,1	+ 1,1
Cross	-0,2605	+1 48,0	+1 42,8	- 5,2
Loch Inver*	-0,2889	+1 34,5	+1 54,0	19,5
Durness	-0,2761	+1 48,9	+1 48,9	0,0
Thurso	-0,2318	+1 31,6	+1 31,4	- 0,2
Lerwick	-0,3294	+2 10,8	+2 9,9	- 0,9
Kirkwall	-0,2420	+1 39,8	+1 35,4	- 4,4
VVick	-0,2441	+1 38,4	+1 36,2	- 2,2
Golspie	-0,2036	+1 23,9	+1 20,3	- 3,6
Dingwall	-0,2201	+1 23,4	+1 26,8	+ 3,4

Bedenkt man das die Beobachtungen nicht auf gleiche Epoche reducirt sind, und das die Unsicherheit der Intensitäts-Beobachtungen beträchtlich ist (die Bestimmungen für Edinburgh am 9. und 10. Juli 1858 weichen von einander um 0,0113 ab), so wird man die Uebereinstimmung der Rechnung und Beobachtung als vollkommen befriedigend anerkennen. Was die anomalen mit Sternchen bezeichneten Stationen betrifft, so sind sie ausgeschieden worden mit Rücksicht auf den Umstand, das sie von dem regelmäßigen Verlaufe der magnetischen Linien um einen grossen Betrag abweichen.

Reducirt man die englischen Intensitätszahlen auf das bei uns eingeführte französische Maass, so ergibt sich aus den sämtlichen bisherigen Untersuchungen das für eine Intensitäts-Änderung von 0,0010 die correspondirende Inclinations-Änderung

in Spanien	1',22
in Südfrankreich	1',06
in Nordfrankreich	1',00
in Bayern	1',00
im nordöstlichen Deutschland	1',02
im nordwestlichen Deutschland, Holland, Belgien	0',993
in Schottland	0',855

beträgt.

Den charakteristischen Umstand, das die Verhältnisszahlen von Norden nach Süden und, bei gleicher geographischer Breite, von Westen nach Osten zunehmen, habe ich früher schon erörtert: damit stimmen auch die Beobachtungen in Schottland überein, insofern als man im ersten Jahre, wo im Mittel die Stationen nördlicher liegen, die Verhältnisszahl 0',838, und im Jahre, wo sie südlicher liegen, 0',864 erhält.

IX. Ueber den Einfluss der Wärme auf
Phosphoreszenz; von Otto Fiebig.

Es wurde früher allgemein angenommen, dass Erwärmung, auch wenn sie mit keiner Bestrahlung verbunden ist, Phosphoreszenz hervorbringen könne; Dessaignes will sogar, wie Heinreich mittheilt, ein Stückchen Canton'schen Phosphors, welches er an einem vollkommen dunklen Orte bereitet hatte, durch bloße Erwärmung leuchten gesehen haben. (N. Gehler Phys. Wörterbuch Bd. VI, S. 253.) Diese Fähigkeit der Wärme wird von Andern bezweifelt. Schon Grotthufs stellte die Behauptung auf, dass Leuchtsteine nur dann durch Erwärmung leuchtend werden könnten, wenn sie vorher einer Bestrahlung ausgesetzt gewesen wären, (N. Gehler Phys. Wörterbuch Bd. VI, S. 252). Osann fand später, dass künstliche Leuchtsteine, die er bei vollkommen abgehaltenem Lichte bereitet hatte, nicht die Fähigkeit besaßen durch bloße Temperaturerhöhung zu leuchten, durch Insolation jedoch wurde ihnen dieselbe mitgetheilt (S. Pogg. Ann. Bd. 33 (1834), S. 414). Draper theilt mit, dass von einem Stück Chlorophan, welches er nur theilweise insolirt hatte, nur die insolirten Theile durch Erwärmung leuchtend geworden wären. Einige hierauf bezügliche Versuche habe ich wiederholt, wobei ich Schwefelcalcium-, Schwefelbaryum- und Schwefelstrontiumpräparate anwendete, die nach der von Edm. Becquerel in den *Annales de Chimie et de Physique* ser. 3 t. 55 angegebenen Weise bereitet waren. Um die Augen für die schwachen Lichteindrücke empfänglicher zu machen verweilte ich vor Anstellung der Versuche schon 10 bis 15 Minuten in dem dunklen Raume eines im Innern geschwärzten Pappkastens und liefs mir dann Stückchen von den drei erwähnten Leuchtsteinen, die vorher dem Lichte ausgesetzt gewesen waren, durch eine Klappe zureichen. Am stärksten leuchtete hierbei Schwefelstrontium und zwar mit einem

schön
schw
cher
es li
Farb
weiß
die
Glüh
wär
doch
gehö
bei
war
selbe
Zeit
Wer
strah
stein
nahm
Dun
die
alle
Erw
Trot
eine
esce
dies
in se
ser.
pas
risq
tand
raye
à co
élev
colo
qu'i

schönen, hellgrünen Lichte; Schwefelbaryum leuchtete etwas schwächer, aber auch noch sehr deutlich mit orangegelblicher Farbe. Schwefelcalcium wirkte bedeutend schwächer; es liefs sich wohl noch ein Leuchten, aber keine bestimmte Farbe unterscheiden, indessen schien mir dieselbe gelblich-weiß zu seyn. Als das Leuchten aufgehört hatte, wurden die drei Leuchtsteine durch eine zwar heiße, aber von der Glühhitze noch weit entfernte Eisenplatte im Dunkeln erwärmt; sie zeigten hierbei dasselbe Licht wie vorher, jedoch von kürzerer Dauer. Als das Leuchten wieder aufgehört hatte, liefs ich sie erkalten und erhitzte sie dann bei vollkommen abgehaltenem Lichte von Neuem, aber es war keine Spur einer Lichtausstrahlung zu bemerken; dieselbe trat jedoch sogleich wieder ein, als die Körper kurze Zeit hindurch dem Tageslicht ausgesetzt gewesen waren. Wenn nun Phosphorescenz durch Wärme allein ohne Bestrahlung hervorgebracht werden könnte, so müßten Leuchtsteine, die genau unter dieselben Verhältnisse (mit Ausnahme der Bestrahlung) wie vorher gebracht werden, im Dunkeln dasselbe Licht wie früher zeigen, was jedoch durch die Versuche verneint wird. Diese Versuche scheinen also alle darauf hinzudeuten, daß Phosphorescenz durch bloße Erwärmung ohne vorhergehende Bestrahlung nicht stattfindet. Trotzdem jedoch unterscheidet Edm. Becquerel zwischen einer Phosphorescenz durch Wärme und einer Phosphorescenz durch Bestrahlung. Dieser Physiker, dem wir in diesem Gebiete die genauesten Versuche verdanken, sagt in seiner Abhandlung über Phosphorescenz (*S. Ann. de Chim. ser. 3 t. 57, p. 86*): *« On peut conclure de là qu'il n'en est pas de même de la chaleur et de la lumière; l'action calorifique excite des rayons lumineux de toute longueur d'onde, tandisque jusqu'ici l'action lumineuse ne donne lieu qu'à des rayon d'une longueur d'onde plus grande, ou au moins égale à celle des rayons actifs »* und p. 81: *« On sait que si l'on élève la température des fragments de fluorure de calcium colorés ces fragments deviennent phosphorescents jusqu'à ce qu'ils aient perdu toute leur couleur; dans cet état ils ne*

sont plus aptes à devenir phosphorescents par une nouvelle élévation de température.

Ich stellte nun folgenden Versuch an: Ein Stückchen grüner Flusspath wurde in einem Reagensglase erhitzt und zeigte hierauf im Dunkeln ein intensives, hellvioletttes Licht; als es abgekühlt war, wurde es bei abgehaltenem Lichte von Neuem aber schwächer als vorher erwärmt, wobei nicht das geringste Leuchten wahrzunehmen war. Hätten, wie Edm. Becquerel sagt, die farbigen Varietäten des Flusspaths das Vermögen der Phosphoreszenz durch Wärme ohne Insolation und behielten sie dasselbe so lange, als ihre natürliche Farbe durch die Wärme nicht zerstört ist, so hätte bei der zweiten Erwärmung ein Leuchten eintreten müssen, denn als das angewendete Flusspathstückchen nach dem Versuche beim Tageslichte betrachtet wurde, zeigte es noch dieselbe grünliche Farbe, wie vor dem Versuche. Hierauf wurde dasselbe Flusspathstückchen wieder im Dunkeln erhitzt und zwar so stark, daß es decrepitirte und es zeigte dabei dasselbe Leuchten, wie vorher; als es nach der Erkaltung beim Tageslichte betrachtet wurde, hatte es seine natürliche grüne Farbe verloren. Nun wurde derselbe Flusspath, nachdem er insolirt worden war, nochmals im Dunkeln erwärmt und zeigte dabei wiederum die schon beschriebene Phosphoreszenz, wenn auch nicht in so hohem Grade wie vorher, was nach Becquerel's Meinung nicht hätte eintreten dürfen. Diese Versuche zeigen, daß, wenn Flusspath überhaupt der Phosphoreszenz durch Bestrahlung fähig ist, er auch immer das Vermögen besitzt nach vorhergegangener Insolation durch Erwärmung zu phosphoresciren, daß also wahrscheinlich die Wirkung der Wärme, mag der der Phosphoreszenz überhaupt fähige Flusspath seine natürliche Farbe noch besitzen oder dieselbe schon durch eine zu große Temperaturerhöhung verloren haben, immer nur, wie bei allen künstlichen Leuchtsteinen, in einer Beschleunigung der Lichtausstrahlung besteht.

Endlich muß ich noch einen theoretischen Grund anführen, der mir das Nichtvorhandenseyn einer Phosphores-

zenz d
als h
lautet
ersche
Phosp
des a
Brech
auch
ist es
Wärm
den z
niger
Wärm
dessel
phore
len v
barke
ersche
B
zwei
das d
sculin
Chin
deckt
mit
beide
das
sität
bend
erzeu
mit
mun
Tem
erzeu
wur
zur
hitze

cenzen durch bloße Erwärmung, wenn nicht als gewiss, so doch als höchst wahrscheinlich hinzustellen scheint. Bekanntlich lautet das Hauptgesetz, welches Stokes für die Fluorescenzerscheinungen aufgestellt und Edm. Becquerel auch auf Phosphorescenz ausgedehnt hat: Die höchste Brechbarkeit des ausgestrahlten Lichtes ist nie größer, als die niedrigste Brechbarkeit der activen Strahlen. Dieses Gesetz scheint auch für Wärmestrahlung zu gelten, denn in vielen Fällen ist es schon erwiesen, daß auch, wenn ein Körper durch Wärmestrahlung von einem andern erwärmt wird, die von dem zweiten Körper ausgestrahlte Wärme im Allgemeinen weniger brechbar ist, als die einfallende. Wenn wir nun die Wärme- und die Lichtstrahlung als Wirkungen eines und desselben Agens ansehen, so müßten, wenn wir eine Phosphorescenz durch bloße Erwärmung annehmen, durch Strahlen von gewisser Brechbarkeit Strahlen von höherer Brechbarkeit erzeugt werden, was allen andern Phosphorescenzerscheinungen direct widersprechen würde.

Bei Gelegenheit dieser Versuche untersuchte ich auch zwei Substanzen in Bezug auf den Einfluß der Wärme auf das durch Fluorescenz ausgestrahlte Licht, nämlich eine Aesculinlösung und eine saure Lösung von schwefelsaurem Chinin. Beide Versuche wurden bei Tageslicht bei bedecktem Himmel angestellt. Es wurden zwei Reagensgläser mit derselben Aesculinlösung angefüllt und das eine von beiden in einem Wasserbade langsam erwärmt, während das andere behufs der Vergleichung der Farbe und Intensität des erzeugten Lichtes in der Temperatur der umgebenden Luft (etwa 14°C.) gehalten wurde. Die Farbe des erzeugten Lichtes war anfangs ein intensives Himmelblau mit einem schwachen Stich in's Violette. Bei der Erwärmung wurde die Farbe allmählich blasser, so daß bei einer Temperatur von etwa 50°C. der Intensitätsunterschied des erzeugten Lichtes in den beiden Gefäßen eben merklich wurde. Bei etwa 65°C. nahm die Intensität rascher bis zur Siedhitze hin ab und die Farbe schien bei der Siedhitze statt des bei gewöhnlicher Temperatur beobachteten

Stiches in's Violette einen Stich in's Blafsgrüne zu haben. Bei Anwendung der Chininlösung nahm die Intensität des ausgestrahlten blauen Lichtes, das schwächer war, als bei der obigen Aesculinlösung, erst in der Nähe der Siedhitze merklich ab, während die Farbe unverändert schien. Bei beiden Versuchen kehrte nach der Erkaltung die frühere Empfindlichkeit der Substanzen zurück.

Alle Versuche sind im physikalischen Cabinet hiesiger Universität auf Anregung des Hrn. Prof. Frankenheim angestellt worden.

X. *Ueber die Anziehung der Quecksilbertheile gegen einander; von Otto Fiebig.*

Wir besitzen eine große Anzahl von Versuchen mit Adhäsionsplatten und Haarröhren über die Anziehung, welche zwischen den Theilen wässeriger, ätherischer und anderer das Glas benetzender Flüssigkeiten stattfindet. Mit dem Quecksilber sind zwar ebenfalls viele Versuche in Glasröhren angestellt worden, besonders um die Correction in Barometerröhren kennen zu lernen; aber über die Anziehung der Quecksilbertheile gegen einander oder die Synaphie des Quecksilbers, wie sie Frankenheim in seinen Versuchen über den Einfluss der Wärme auf den Stand der Flüssigkeiten in Haarröhren genannt hat, sind seit Guyton-Morveau's beinahe ein Jahrhundert alter Beobachtungen, die mir aus Frankenheim's Werke »die Lehre von der Cohäsion« bekannt geworden sind, gar keine Beobachtungen veröffentlicht worden. Allerdings findet hier die Schwierigkeit statt, daß man keine Körper kennt, welche von Quecksilber in so hohem Grade benetzt werden, wie reines Glas oder Metall von Wasser; ferner wer-

den alle von Quecksilber benetzte Körper auch etwas amalgamirt. Bei Platin, welches mit Hülfe einer kleinen galvanischen Kette amalgamirt wurde, bestand dieses Amalgam nicht in einer continuirlichen Schicht, sondern, wie bei Wasser auf unreinem Glase, in einer Anzahl Tröpfchen, die schon dem bloßen Auge sichtbar waren; daher gab auch dieses Metall, als Adhäsionsplatte angewendet, keine brauchbaren Resultate. Ebenso führten Versuche mit versilberten Glasplatten zu keinem Ziele, da sich die Silberschicht von der Platte löste. Ich beschränkte mich daher bei den Versuchen auf kreisrunde, polirte Platten von Kupfer und Silber, deren Durchmesser ich mit einem Mikrometer bis auf 0",0001 bestimmte. Nachdem ich die Platten auf der einen Fläche mit Quecksilber vollkommen benetzt hatte, wurden sie an dem einen Arm eines genauen Waagebalkens mittelst dreier Metallfädchen, die selbst wieder behufs der horizontalen Einstellung an Stellschrauben befestigt waren, aufgehängt. Bei der Einstellung diente zur Richtschnur die horizontale Oberfläche des darunter in einer genügend weiten Schale befindlichen Quecksilbers. Nachdem die Platten das Quecksilber berührt hatten, wurde das Gewicht, welches nöthig war, um sie von der Quecksilberoberfläche abzureißen, genau bestimmt. Das Mittel aus den einzelnen Beobachtungen wurde nach den bekannten Formeln

$$M = \frac{p}{m r^2 \pi} \left(1 + \frac{p}{6 \rho r^2 \pi} \right) \text{ und } D = \frac{m^2 M^2}{2 \rho^2}$$

berechnet. Hierin bezeichnet M die absolute Synaphie, d. h. das Gewicht, welches eine Adhäsionsplatte von unendlicher Ausdehnung tragen würde in Milliontel-Atmosphären ausgedrückt, p das zum Abreißen der Platte nöthige Gewicht, r den Radius der angewendeten Platten, ρ das specifische Gewicht des Quecksilbers, m den Druck einer Atmosphäre auf ein Quadrat-Millimeter = 10301 Mgr., D die mittlere, corrigirte Niveaudifferenz des Quecksilbers innerhalb und außerhalb einer Haarröhre von 1,0^{mm} Weite, wobei die Wölbung der Quecksilberoberfläche im

Innern der Röhre vernachlässigt werden kann, T die Temperatur des Quecksilbers.

Man muß bei diesen Versuchen immer reines Quecksilber anwenden: denn wenn ich sie einige Stunden lang fortsetzte, so nahm das Gewicht stetig zu und sank dann plötzlich auf etwa $\frac{2}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ des früheren, aber in höchst unregelmäßiger Weise herab. Das Quecksilber hatte sich verändert und zwar, was merkwürdig ist, hatte die Aufnahme des Metalls, obgleich die Menge desselben kaum wägbare war, die Anziehung der Theile gegen einander nicht, wie man denken sollte, erhöht, sondern stark vermindert, aber in so ungleichmäßiger Weise, daß eine Messung nicht mehr möglich war. Jene geringe Vergrößerung des Gewichts rührt vielleicht von einer durch das Anhaften des Quecksilbers an den Endpunkten der Platten bewirkten vorübergehenden Vergrößerung des Radius der Platten her, die nur 0,^{mm}1 oder höchstens 0,2^{mm} zu seyn braucht, um die beobachteten Unterschiede herbeizuführen. Es treten über die Art, wie das Quecksilber auf das Metall wirkt und das Quecksilber selbst durch das Metall verändert wird, Fragen entgegen, mit deren Beantwortung ich mich ferner beschäftigen werde.

Die folgende Tabelle giebt alle Versuche in derselben Reihenfolge, in welcher sie angestellt wurden. Die beiden ersten Beobachtungen mit der Kupferplatte, deren Radius 15,975^{mm} ist, sind an verschiedenen Tagen angestellt. Das Quecksilber wurde in der Regel nur bei Anwendung einer anderen Platte erneuert. Wegen des sehr geringen Einflusses der Temperatur habe ich bei den verschiedenen Platten immer nur die mittlere Temperatur der Beobachtungszeit angegeben. Die mit einem * bezeichneten Beobachtungen habe ich bei Bestimmung des Mittels weggelassen, weil sie mir aus einem oben angeführten Grunde zu hoch erschienen.

Alle Versuche sind im physikalischen Cabinet hiesiger Universität angestellt.

Stoff der Platten	Radius in Millim.	T C.	P gr.	Mittel von P	Milliontel-Atmosphären		D mm
					M	M : ρ	
Kupfer	15,975	9,0	33,92				
"	"	"	33,82	33,87	4234	312,1	5,17
"	"	"	34,20*				
"	"	"	34,55*				
"	16,009	8,7	33,95				
"	"	"	34,00	33,97	4229	311,7	5,15
"	"	"	34,73*				
"	21,240	9,0	59,95				
"	"	"	60,95				
"	"	"	61,17	60,69	4260	313,9	5,23
"	"	"	62,15*				
"	"	"	62,15*				
"	21,179	10,0	59,82				
"	"	"	60,04				
"	"	"	61,20				
"	"	"	61,42	60,54	4274	315,0	5,26
Silber	12,528	9,5	20,49				
"	"	"	20,72				
"	"	"	21,16				
"	"	"	20,76	20,78	4260	313,9	5,23
"	15,870	"	33,62				
"	"	"	33,54				
"	"	"	33,71	33,62	4260	313,9	5,23
"	"	"	34,05				

XI. Ueber die Veränderungen im Inductionsstrome bei Anwendung verschiedener Widerstände; **von G. Magnus.**

(Aus den Monatsbericht. d. K. Akad., Juni 1861.)

Das auffallend grosse Leitungsvermögen für die Wärme, welches von mir beim Wasserstoffgase beobachtet worden ist, hat mich veranlaßt auch das Leitungsvermögen dieses Gases für die Elektrizität mit dem der übrigen Gase zu vergleichen. Ich bin dabei auf Schwierigkeiten gestossen, die mich schliesslich zu der Annahme nöthigten, daß unter gewissen, bisher unbeachteten Umständen, alternirende

Ströme auftreten und daß durch solche die Unregelmäßigkeiten in der Ablenkung der Magnetnadel herbeigeführt werden, welche ich beobachtete. Es war deshalb nöthig, Versuche über die Bedingungen anzustellen, unter denen solche Ströme entstehen.

Bekanntlich hat Hr. Poggendorff gezeigt¹⁾, daß wenn in den Schließungsdraht eines Inductionsapparates, in welchem ein elektrisches Ei sich befindet, und in dem nur Ströme von einer bestimmten Richtung vorhanden sind, eine elektrische Flasche eingeschaltet wird, beide Poldrähte im Ei sich mit blauem Lichte überziehen. Da alsdann auch die Magnetnadel eines in dem Strom befindlichen Galvanometers, die vorher abgelenkt wurde, keine Ablenkung mehr erfuhr, so schloß Hr. Poggendorff, daß durch die Einschaltung der Flasche alternirende Ströme entstehen. Seitdem hat man das Auftreten des blauen Lichtes an beiden Poldrähten des elektrischen Ei's, ziemlich allgemein als ein Kennzeichen für das Vorhandenseyn alternirender Ströme betrachtet, um so mehr als Hr. Riefs²⁾ schon früher dieselbe Erscheinung durch rasch aufeinander folgende alternirende Ströme hervorgebracht hatte. Zwar wäre es möglich, daß blaues Licht an beiden Polen nicht in allen Fällen ein sicheres Kennzeichen für das Vorhandenseyn alternirender Ströme wäre; allein es ist schwer anzunehmen, daß diese Erscheinung eine andere Ursache haben sollte; doch will ich auf die Ursache nicht weiter eingehen. Zum Verständniß des folgenden bemerke ich ausdrücklich, daß wo der Ausdruck alternirende Ströme gebraucht ist, dieser nichts anderes bedeutet als das Auftreten von negativem Licht an beiden Polen. Hr. Dr. Paalzow hat in einer vor kurzem erschienenen Arbeit³⁾ »über die verschiedenen Arten der Entladung der Leydener Batterie und über die Richtung des Haupt- und secundären Nebenstromes derselben« eine ähnliche Erscheinung als Prü-

1) Pogg. Ann. Bd. XCIV, S. 328.

2) Pogg. Ann. Bd. XCI, S. 291.

3) Pogg. Ann. Bd. CXII, S. 567.

fungs-
Geiſt
schen
habe
messe
in ihr
verdü
fande
sen i
Spitze
det m
kleide
mit e
tig m
der F
schon
solch
nen,
Z
Es s
fügur
nerer
kann

1) M
Dr
der
du
Pl
hi
nu
de
vo
rü
tig
po
ku
tin
de
vo

fungsmittel benutzt. Derselbe wandte indeß sogenannte Geißler'sche Röhren an, und beobachtete dieselben zwischen den Polen eines wirksamen Elektromagnets. Ich habe kurze 75^{mm} bis 150^{mm} lange, 5^{mm} bis 15^{mm} im Durchmesser haltende Röhren benutzt, die, nachdem die Luft in ihnen auf 4^{mm} bis 6^{mm} Druck, mittelst der Luftpumpe verdünnt war, zugeschmolzen wurden. In denselben befanden sich an dünnen Platindrähten befestigte und mit diesen in das Glas eingeschmolzene Aluminiumdrähte, deren Spitzen 6^{mm} bis 40^{mm} von einander entfernt waren. Wendet man Drähte an, die nur aus Platin bestehen, so überkleiden sich die Röhrchen sehr bald auf ihrer inneren Seite mit einem schwarzen Ueberzuge, der sie fast undurchsichtig macht. Diefes ist bei Anwendung von Aluminium nicht der Fall; deshalb benutzt auch Hr. Geißler dieses Metall schon seit längerer Zeit für seine Röhren¹⁾. Ich werde solche Röhren, da sie zur Beobachtung der Richtung dienen, als Probe-Röhren bezeichnen.

Zu den Versuchen wurden nur Inductionsströme benutzt. Es standen hiefür zwei Inductionsapparate zu meiner Verfügung. Beide von Hrn. Ruhmkorff in Paris. Ein kleinerer von älterer Construction, dessen Dimensionen als bekannt vorausgesetzt werden dürfen, und ein größerer, der

- 1) Man hat vielfach behauptet, daß Platintheilchen von dem negativen Draht zum positiven herübergeschleudert werden. Diefes scheint mir bei den Inductionsströmen nicht begründet; denn läßt man die Entladung durch ein Röhrchen, wie es so eben beschrieben worden, das aber nur Platindrähte enthält, während längerer Zeit stets in derselben Richtung hindurch gehen, so bekleidet sich dasselbe mit dem schwarzen Anflug nur in dem Theile, indem sich der negative Draht befindet; in der Nähe des positiven Drahts nimmt man selbst nach sehr langer Zeit nichts davon gewahr. Ich glaube deshalb, daß der schwarze Anflug davon herührt, daß das Platin sich an dem negativen Drahte entweder verflüchtigt oder von ihm fortgeschleudert wird, aber nicht gerade nach dem positiven Drahte. Denn enthält das Röhrchen Aluminiumdrähte, die so kurz sind, daß das negative Licht sich noch über einen Theil des Platindrahts, an dem das Aluminium befestigt ist, ausdehnt, so entsteht der schwarze Anflug nur in der Nähe des Platins, also ganz entfernt von dem positiven Drahte.

erst vor wenigen Monaten vollendet worden, dessen Inductionsdraht die Länge von 40000 Meter und, ohne die Seide mit der er übersponnen ist, einen Durchmesser von 0,13^{mm} hat.

Für beide wurde eine Säule aus zwei Bunsen'schen Elementen benutzt. Mit dieser lieferte der grofse Apparat Funken in freier Luft von 3 bis 4 Centim. Länge. Wird derselbe mit einer grofsen dazugehörigen Säule in Thätigkeit gesetzt, so erhält man Funken bis zu 39 Centim. Länge. Von solcher Stärke konnte der Apparat indess zu den folgenden Versuchen nicht angewendet werden.

Aufser dem Proberöhrchen wurde noch eine Röhre benutzt, in der sich zwei, ein Millimeter dicke, abgerundete Platindräthe befanden, die mittelst einer Stopfbüchse in beliebige Entfernung von einander gebracht werden konnten. Um die Luft in dieser Röhre zu verdünnen, war sie auf eine Luftpumpe aufgesetzt. Sie unterscheidet sich daher von einem elektrischen Ei nur dadurch, dafs sie enger, dafür aber auch länger ist, und gröfsere Entfernungen der Poldrähte zuläfst. Zur Unterscheidung werde ich diese Röhre die Luft-Röhre nennen.

Wurde dieselbe zugleich mit dem Proberöhrchen in den inducirten Strom von einem der beiden Inductionsapparate eingeschaltet und waren, bei einer gewissen Verdünnung und bei einer gewissen Entfernung der Pole, nur einfache Ströme wahrnehmbar, so traten alternirende jedesmal auf, wenn die Pole so weit entfernt wurden, dafs die Elektrizität nicht mehr in einer leuchtenden Linie zwischen ihnen überging, sondern sich büschelartig an beiden ausbreitete. Bei fernerer Entfernung der Drähte von einander zeigten sich in der Proberöhre stets alternirende Ströme. Statt die Poldrähte zu entfernen, kann man, um denselben Erfolg zu erhalten, die Dichtigkeit der Luft in der Röhre allmählig vermehren; auch hierbei beginnen, sobald die büschelartige Entladung in der Röhre eintritt, die Ströme alternirend zu werden.

Ich glaubte hieraus schliessen zu dürfen, dafs eine Ver-

mehr
anlass
den v
Ende
röhre
einan
den k
gefüll
schwe
chen
nicht
aber
ähnlic
wisse
Ström
sie a
ebenf
hierfü
Wass
Spira
dann
klein
A
verme
man
Luft
Prob
die F
Pole
die L
röhre
E
blatte
Schli
selbe
gezei
in de

1) F

mehring des Widerstandes die alternirenden Ströme veranlasse, und habe deshalb statt des Widerstandes der Luft, den von flüssigen und festen Leitern angewandt. Zu dem Ende wurde die Luftröhre durch eine 1 Meter lange Glasröhre von 3^{mm} Durchmesser ersetzt, in der zwei Platindrähte einander beliebig genähert oder von einander entfernt werden konnten. Wurde diese Röhre mit einer Salzauflösung gefüllt, so war es, selbst wenn dieselbe nur 0,25 Proc. schwefelsaures Kali enthielt und die in derselben befindlichen Drähte bis auf 900^{mm} von einander entfernt wurden, nicht möglich alternirende Ströme zu erhalten. Befand sich aber reines Wasser in der Röhre, so war der Vorgang ähnlich wie bei Anwendung der Luftröhre. Bei einer gewissen Entfernung der Drähte nämlich, waren nur einfache Ströme vorhanden, bei einer größeren hingegen wurden sie alternirend. Durch metallische Widerstände gelang es ebenfalls alternirende Ströme zu erzeugen, allein es bedurfte hierfür, wenn außer dem Proberöhrchen keine Luft oder Wasserröhre eingeschaltet war, der 40,000 Meter langen Spirale des großen Inductionsapparates als Widerstand; dann aber traten sie, bei Erzeugung der Ströme durch den kleinen Inductionsapparat, sehr deutlich auf.

Auch wenn man den Widerstand auf andere Weise vermehrt, entsteht negatives Licht an beiden Drähten. Läßt man die Funken des großen Inductionsapparates in der Luft überschlagen und schaltet in den Zuleitungsdraht eine Proberöhre ein, so beobachtet man in derselben, so lange die Funken in der Luft kräftig überschlagen, nur an einem Pole negatives Licht; gehen die Funken aber zischend durch die Luft, so ist negatives Licht an beiden Polen der Proberöhre.

Ebenso erhält man durch Einschalten eines Glimmerblattes in den, bis auf das Proberöhrchen, ganz metallischen Schließungsbogen negatives Licht an beiden Drähten. Dieselbe Wirkung bringt, wie auch schon Hr. Poggendorff gezeigt hat ¹⁾, eine Leydener Flasche hervor, welche direct in den Strom eingeschaltet wird.

1) Poggend. Ann. d. Phys. XCIV. 326.

Befestigt man die Proberöhre, statt sie in den Inductionsdraht einzuschalten, nur an dem einen Ende desselben und leitet das andere zur Erde ab, so erhält man ebenfalls alternirende Ströme oder um mich vorsichtiger auszudrücken: es tritt an beiden Poldrähten negatives Licht auf.

Schmilzt man in eine kleine, mit sehr verdünnter Luft gefüllte Röhre, nur einen Draht ein, und befestigt diesen an dem einen Ende des Inductionsdrahts, während das andere mit der Erde in Verbindung steht, so erhält man, wenn das Röhrchen ganz frei in der Luft hängt, doch an dem eingeschmolzenen Drahte eine Lichterscheinung und zwar stets negatives Licht, das Röhrchen mag an dem einen oder anderen Ende des Inductionsdrahts befestigt seyn, oder wenn es an demselben Ende bleibt, mag der Strom in der einen oder der anderen Richtung den Draht durchlaufen. Die Intensität dieses Lichts nimmt zu wenn man dem Röhrchen von aussen einen Leiter nähert.

In wie eigenthümlicher Weise das Glas bei der Entladung wirkt, geht noch aus folgender Beobachtung hervor. War die Luftröhre in dem Schliessungsbogen eingeschaltet, und die Entfernung der Drähte in derselben so gewählt, daß nur einfache Ströme übergingen, bei etwas größerer Entfernung aber alternirende Ströme aufgetreten wären, so hörte der Uebergang von einem Draht zum andern auf, sobald man die Röhre an dieser Stelle mit der Hand umschloß, und es traten dann sogleich alternirende Ströme, in der gleichzeitig eingeschalteten Proberöhre hervor. Dabei sah man, wenn nicht immer doch häufig, die Elektrizität in der Luftröhre nach dem Glase übergehen. Dieselbe Erscheinung zeigte sich auch in dem elektrischen Ei, nur war bei diesem, da es viel weiter ist, erforderlich, es in seinem ganzen Umkreise mittelst eines Stanniolstreifens ableitend zu berühren. Entfernte man dann die Hand oder das Stanniol, so verging gewöhnlich einige Zeit bis der Uebergang der Elektrizität von einem Drahte zum andern sich wieder herstellte.

Aus dem bisher angeführten liefs sich schliessen, und

die E
Entfe
in de
große
werd
klein
ten ')
diese
zu g
in ein
büsch
A
tensi
sonde
klein

1) F
br
In
du
N
wi
ze

de
di
ke
Se
ge
G
O
ich
pa
no
in
ist

U
a
m
Po

die Erfahrung hat es vollkommen bestätigt, daß wenn die Entfernung der Poldrähte in der mit Wasser gefüllten oder in der Luftröhre so gewählt wird, daß bei Anwendung des großen Inductionsapparates noch einfache Ströme erhalten werden, und es wird dann der große Apparat mit dem kleinen vertauscht, daß dann alternirende Ströme auftreten¹⁾. Es ist nämlich für die Intensität des Stromes, den dieser Apparat erzeugt, der Widerstand in der Luftröhre zu groß; deshalb findet dann auch die Entladung nicht mehr in einer hellen, leuchtenden Linie statt, sondern sie geschieht büschelförmig.

Aber nicht allein durch einen im Verhältniß zur Stromintensität zu großen Widerstand entstehen alternirende Ströme, sondern auch wenn derselbe in Bezug auf die Entladung zu klein ist.

- 1) Für beide Apparate wurde stets ein und derselbe Unterbrecher gebraucht und zwar der, welchen Hr. Ruhmkorff für seinen großen Inductionsapparat construirt hat. Bei diesem geschieht die Unterbrechung durch Trennung eines Platindrahts von Quecksilberamalgame, die nach Neeff'schen Princip durch einen besonderen kleinen Elektromagnet bewirkt wird, dessen Magnetismus ein einziges Daniell'sches Element erzeugt.

Die Unterbrechung mittelst der von Neeff angegebenen Construction des Hammers, bei der eine Spitze von einer Platte sich trennt, schwächt die Stärke des Inductionstroms bedeutend mehr als der von Hrn. Ruhmkorff für seine kleinen Apparate benutzte Hammer, der durch seine Schwere die Schließung bewirkt. Dieser letztere hat indess einen unregelmäßigen Gang. Ich hoffte, indem ich ihn verschieden abänderte, den Gang regelmäßiger zu erhalten, und wandte deshalb zwei Platten von *Osmietum Iridii* an, um das Anhaften der Platten zu vermeiden, allein ich gelangte zu keinem günstigeren Resultat. Der zu dem großen Apparat construirte Unterbrecher ist jedenfalls vorzuziehen. Er gewährt auch noch den Vortheil, daß man seinen Gang beliebig beschleunigen kann, indem man das mit ihm verbundene Pendel verkürzt. Ganz regelmäßig ist indess sein Gang auch nicht.

Hr. Riess hat vor Kurzem einen Apparat construirt, bei dem die Unterbrechung durch ein Uhrwerk mit verstellbarem Pendel, einem Mäzsel'schen Metronom, bewirkt wird. Möglich daß dieser einen regelmäßigeren Gang zur Folge haben wird.

Wählt man die Entfernung der Poldrähte in der Luft-
röhre so, daß bei Anwendung des kleinen Inductionsappa-
rates einfache Ströme erhalten werden, und vertauscht man
denselben dann mit dem großen Apparate, so treten alter-
nirende Ströme auf.

Den ähnlichen Erfolg kann man auch mit einem und
demselben Inductionsapparat erhalten. Verbindet man die
beiden Enden der Spirale des Inductionsapparates mit der
Proberöhre, und schaltet außerdem noch die Lufröhre ein,
in der die Luft so weit als möglich verdünnt, so sieht man
die Poldrähte in derselben, wenn sie einander hinreichend ge-
nähert sind, beide mit intensivem negativen Lichte umkleidet.
Entfernt man dann die Drähte von einander, so nimmt das ne-
gative Licht an dem positiven Drahte immer mehr ab, und
dehnt sich dafür an dem negativen mehr aus, bis der po-
sitive ganz frei davon ist. Würde man die Drähte hin-
reichend weit von einander entfernen können, so würde
man wieder alternirende Ströme erhalten, allein die Röhre
reichte hierfür nicht aus. Man erhält aber diesen Erfolg,
wenn man allmählich Luft in die Röhre einläßt und da-
durch den Widerstand vermehrt.

Der Gedanke liegt nahe, daß die, bei so geringem Wi-
derstand entstehenden, alternirenden Ströme darin ihren
Grund haben möchten, daß nicht nur beim Oeffnen, son-
dern auch beim Schließen der Säule ein Strom inducirt
wird. Bekanntlich hat Hr. Poggendorff ¹⁾ gezeigt, daß
wenn die Enden der Inductionsrolle durch einen Metall-
draht oder durch eine gut leitende Flüssigkeit verbunden
sind, beim Schließen wie beim Oeffnen der Säule Induc-
tionsströme entstehen, die abwechselnd hin und her laufen.
Hr. Cassiot ²⁾ hat später angegeben, daß man in Röhren,
die nach seiner Methode ausgeführt sind, auch beim Schlie-
ßen des Hauptstromes eine Lichterscheinung erhält, wenn
man 10 oder mehr Elemente zur Erzeugung dieses Stromes
benutzt.

1) A. a. O. 309.

2) Phil. Mag. XVI. 307.

Es war daher wahrscheinlich, daß auch, wenn eine Proberöhre eingeschaltet ist, die nur eine kurze Schicht sehr verdünnter Luft enthält, beim Schließen des, hier nur durch zwei Bunsen'sche Elemente erzeugten Hauptstroms ein Inductionsstrom entstehe. Diefes hat sich auch bestätigt, denn wurde die Säule geschlossen, indem der Platindraht des Unterbrechers nur einmal mit der Hand in das Quecksilberamalgam getaucht wurde, so erhielt man in der Proberöhre eine Lichterscheinung, die indess bedeutend schwächer als beim Oeffnen der Säule war. Zum Theil beruhen daher die bei sehr geringem Widerstand beobachteten alternirenden Ströme auf dem Inductionsstrom, der beim Schließen der Säule entsteht. Allein ich glaube sie beruhen auch nur zum Theil darauf, denn der Strom der durch einmaliges Oeffnen der Säule, ohne darauf folgendes Schließen entsteht, bringt auch schon negatives Licht an beiden Poldrähten hervor. Man kann zwar behaupten, daß man keine einmalige Unterbrechung hervorbringen könne, daß stets abwechselnde Schließungen und Unterbrechungen vorhanden sind; aber auffallend bleibt es, daß bei der einmaligen Unterbrechung die Lichterscheinung in der Proberöhre stets dieselbe war, die Trennung mochte plötzlich oder langsam bewirkt werden, indem eine Platinspitze aus Quecksilberamalgam herausgezogen, oder zwei Kupferflächen durch Oeffnen des Inversors von einander getrennt wurden.

Auch die folgende Beobachtung macht es wahrscheinlich, daß schon durch einmaliges Oeffnen der Säule alternirende Ströme in dem inducirten Strome entstehen.

Es ist soeben erwähnt worden, daß wenn man die Entfernung der Poldrähte in der Luftröhre so wählt, daß bei Anwendung des kleinen Inductionsapparates einfache Ströme entstehen und man vertauscht diesen Apparat gegen den grofsen, daß dann alternirende Ströme auftreten. Beobachtet man nun zunächst in der stark verdünnten Luftröhre, während der kleine Inductionsapparat in Thätigkeit ist, den negativen Draht, so erscheint er auf grofser Länge mit bläulichem Lichte umkleidet, der positive ist dagegen ganz

frei davon. Wendet man dann den großen Inductionsapparat an, so erscheint ein sehr viel kürzeres Stück des negativen Drahtes blau, dafür erscheint aber auch ein Stück des positiven Drahtes in dieser Farbe; gerade so verhalten sich aber auch die Drähte, wenn nur eine einmalige Unterbrechung der Säule vorgenommen wird. Es ist wohl kaum anzunehmen, daß bei solcher einmaligen Unterbrechung noch eine Schließung stattfindet, die einen ebenso starken Strom erzeugt als der, welcher bei regelmäßiger Schließung der Säule entsteht. Wenn daher auch nicht erwiesen ist, daß bei hinreichend geringem Widerstand alternirende Ströme entstehen, so ist dies wenigstens sehr wahrscheinlich.

Außerdem hat auch sowol Hr. Dr. Feddersen ¹⁾ als Hr. Dr. Paalzow gefunden, daß bei der Entladung der Leydener Batterie alternirende Ströme sich zeigen wenn der Widerstand gering ist.

Man kann deshalb als erwiesen ansehen, daß die Inductionsströme nur bei einem gewissen Widerstand einfach sind. Ueberschreitet derselbe eine bestimmte Gränze, so werden sie alternirend, sinkt er unter eine gewisse andere Gränze hinab, so werden sie ebenfalls alternirend. Diese Gränzen sind verschieden nach der Intensität des Stromes.

Ueber die Farbenveränderung des elektrischen Lichts.

In den Proberöhren, deren ich mich bediente, erschien das negative Licht, das sonst in verdünnter atmosphärischer Luft stets intensiv blau ist, von fast weißer Farbe, und ebenso war das von dem positiven Pole bis zu dem dunkeln Zwischenraum sich erstreckende Licht, das sonst roth zu seyn pflegt, weiß. Ich habe mich bemüht die Ursache dieser Veränderung der Farbe aufzufinden.

Wird ein neugefertigtes Röhrchen der beschriebenen Art angewendet, so erscheint zuerst das negative Licht blau und der Raum zwischen beiden Drähten ist mit rothem Licht erfüllt. Gleich darauf aber wird beides heller. Der Raum zwischen beiden Drähten wird braun und zuletzt weiß und

1) Poggend. Annal. d. Phys. CXII. 452.

ebens
Umw
herm
aber
sich,
blau
beide
A
nium
Stück
ist d
atmos
Aehn
in W
kam
bei s
einem
und d
Es w
tem
dig a
zu w
Zusta
wie
blau
N
benv
stätig
gerin
um d
den
bei A
aus
dern
flüch
oder
in ei

ebenso wird das negative Licht ganz weißlich. Ist diese Umwandlung einmal erfolgt, so bleibt die Farbe in den hermetisch verschlossenen Röhren unverändert. Hat man aber ein solches Röhrchen, das sich öffnen läßt, so zeigt sich, wenn die Luft erneut wird, anfangs das negative Licht blau und der Zwischenraum roth, gleich darauf aber wird beides wieder weiß.

Auf einer Vereinigung des Sauerstoffs mit dem Aluminium konnte diese Veränderung nicht beruhen, denn im Stickgase, das in diesem Falle allein zurückbleiben würde, ist die Farbe des elektrischen Lichts ganz ähnlich der in atmosphärischer Luft. Am meisten hatte die Erscheinung Aehnlichkeit mit dem elektrischen Licht in Kohlensäure oder in Wasserstoff. Da aber diese nicht anwesend waren, so kam ich auf den Gedanken, daß das Aluminium vielleicht bei seiner Bearbeitung mit irgend einer fremden Substanz, einem Fette oder dergleichen in Berührung gekommen sey, und daß durch dieses die Erscheinung hervorgebracht werde. Es wurden deshalb zwei Aluminiumdrähte, die aus gewalztem Blech geschnitten waren, durch Abschaben so vollständig als möglich gereinigt, und ohne mit den Fingern berührt zu werden in das Röhrchen eingeschmolzen. Bei diesem Zustande der Drähte erhielt sich das Licht unverändert, so wie es im ersten Augenblicke sich gezeigt hatte, d. h. stets blau am negativen Draht und roth zwischen beiden Drähten.

Nachdem sich hierdurch die Voraussetzung, daß die Farbenveränderung von einer fremden Substanz herrührt, bestätigt hatte, fand ich, daß in so engen Röhren schon die geringste Menge von Fett an dem negativen Draht genügt, um das Licht weiß zu machen. Oft ist die Berührung mit den Fingern schon ausreichend dafür, und zwar nicht nur bei Anwendung von Drähten aus Aluminium, sondern ebenso aus Kupfer, Messing, Platin und wahrscheinlich jedem andern Metall, daß bei der vorhandenen Temperatur nicht flüchtig ist. An dem positiven Draht wirkt das Fett wenig oder gar nicht, es mag an der Spitze angebracht seyn oder in einiger Entfernung von derselben.

Talg, fette Oele, Stearinsäure, Wachs verhalten sich alle ganz ähnlich. Bringt man etwas davon an den negativen Draht, so sieht man anfangs die eingefettete Stelle roth, während der übrige Draht in blauem Licht erscheint. Gleich darauf umgiebt sich diese Stelle mit einer röthlichen Hülle, die allmählich wieder verschwindet. In demselben Maasse als dies geschieht wird das blaue Licht an den übrigen Stellen des Drahtes weifs und das rothe Licht zwischen beiden Drähten geht durch braun ebenfalls in weifs über. Wahrscheinlich zersetzt sich das Fett, doch war es nicht möglich die Zersetzung nachzuweisen, da die Menge, um die es sich hier handelt, zu gering ist.

XII. Einige Bemerkungen zu der Abhandlung des Hrn. Siemens: Ueber Widerstandsmaafse und die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes der Metalle von der Wärme; von D. A. Matthiessen.

I. In obiger Abhandlung¹⁾ sagt Hr. Siemens (S. 92) »Es kann wohl mit Bestimmtheit behauptet werden, dafs die geübtesten und mit den vollkommensten Instrumenten und Localitäten ausgerüsteten Physiker nicht im Stande seyn werden, absolute Widerstandsbestimmungen zu machen, die nicht um einige Procent von einander verschieden wären. Ein Maafs, welches so wenig genau ist, würde nicht einmal den Anforderungen der Technik genügen.« Hr. Siemens giebt jedoch keine Gründe für diese Behauptung.

Prof. W. Thomson äufsert sich über diesen Gegenstand folgendermafsen:

1) Pogg. Ann. Bd. 113, S. 91.

„Es ist unmöglich den großen praktischen Werth dieses Systems des absoluten Maafses zu überschätzen, welches Weber in das ganze Gebiet der Elektricität eingeführt hat.“¹⁾ Ich war immer der Meinung, daß die absoluten Widerstandsbestimmungen, nach der Weber'schen Methode ausgeführt, höchst genaue Resultate liefern; um aber den Ansichten des Hrn. Siemens über diesen Gegenstand besser entgegentreten zu können, schrieb ich an den Hrn. Prof. Thomson, annehmend, daß das Urtheil eines so berühmten Physikers die Sache entscheiden würde.

Die Antwort des Hrn. Prof. Thomson war folgende:

„Es steht wohl außer Zweifel, daß die absoluten Widerstandsbestimmungen von Weber (Pogg. Ann. 1851. No. 3) wahrlich beträchtlich genauer als ein halbes Procent sind. Er gebrauchte zwei auffallend verschiedene Methoden und erhielt mittelst derselben für einen und denselben Leiter die Werthe 190,3 und 189,8 nach absolutem Maafse. Die Einzelheiten in der Anwendung jeder dieser beiden Methoden bieten eine solche Uebereinstimmung dar, daß die Möglichkeit eines Irrthums von einem halben Procent als Mittel der Bestimmungen bei einer dieser Methoden nicht zulässig ist, durch einen Irrthum in den angebrachten Correctionen. Eine solche Annahme scheint aber ganz unhaltbar durch die nahe Uebereinstimmung der Resultate, welche durch die beiden Methoden mittelst verschiedener Instrumente, ganz verschiedener experimenteller Operationen und verschiedener Reductionen und Correctionen (um sie auf das absolute Maaf zu reduciren) erhalten wurden. Das Mittel der oben erwähnten Zahlen 190,05 weicht von jeder Bestimmung weniger als 0,14 Proc. ab. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß dieses Mittel innerhalb 0,1 Proc. der Wahrheit nahe ist; es ist unwahrscheinlich, daß es 0,2 Proc. von der Wahrheit entfernt ist, es ist beinahe unmöglich, daß es um ein halbes Procent falsch ist.“

H. Hr. Siemens sagt (S. 93): „Da die Abweichungen in den Leitungsfähigkeiten meiner an verschiedenen

1) *Proceedings of the Royal Society T. VIII, p. 555.*

Orten dargestellten Gold-Silber-Legirungen 1,5 Proc. betragen, so seyen dieselben unbrauchbar zu dem von mir vorgeschlagenen Zweck ¹⁾, nämlich zur Reproduction von Widerstandsmaafsen, mittelst welcher die Beobachtungen der verschiedenen Experimentatoren mit einander verglichen werden könnten, oder zur Reproduction eines Widerstandes in absolutem Maafse. Wenn man aber zwei Legirungen von verschiedenen Leuten bereiten läßt, und die Widerstände derselben bestimmt, so würde man sicherlich nicht ein halbes Procent von dem wahren Widerstande entfernt seyn: sechs von den acht von mir geprüften Legirungen stimmen innerhalb dieser Gränze. Hr. Siemens giebt in seiner ersten Abhandlung ²⁾ eine Tabelle von verschiedenen mit Quecksilber gefüllten Röhren. Seine Werthe für $\frac{w}{w_1}$, wenn w der berechnete und w_1 der gefundene Widerstand ist, so wie die von mir für die Leitungsfähigkeiten der Gold-Silber-Legirungen gefundenen sind in Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle I.

Röhren-Werthe für $\frac{w}{w_1}$		Leitungsfähigkeit für die Legirung, hartgezogen.	
1	1,008	1	1,003
2	1,000	3	1,002
3	1,0008	5	0,988
4	0,992	6	1,001
5	0,994	7	0,997
6	1,005	8	1,001

Hr. Siemens von den von ihm gefundenen Differenzen sprechend sagt: »dieselben seyen nicht gröfser als man erwarten könnte« und fährt fort »die Temperatur des Etalons (Kupfer) und des Quecksilbers schwankte 2 bis 3°, während der Beobachtungen.« Derselbe giebt aber nicht an, welche Bestimmungen bei der höheren oder niederen Tem-

1) Pogg. Ann. Bd. 112, S. 353.

2) Pogg. Ann. Bd. 110, S. 1.

peratur gemacht wurden, so daß die von ihm gefundenen Differenzen größer oder kleiner seyn könnten. Vergleicht man die beiden Reihen obiger Tabelle, so findet man die größten Differenzen in beiden Reihen gleich. Wenn daher, nach der Ansicht des Hrn. Siemens, die Gold-Silber-Legirung als Normalmaass unbrauchbar ist, wie viel mehr gilt dieser Ausspruch für das Quecksilbermaass, da Hr. Siemens mittelst seiner eigenen Bestimmungen mit demselben Quecksilber in Röhren, die aus einer großen Anzahl sorgfältig ausgewählt, keine größere Genauigkeit erreichen konnte, als wie mit Legirungen an verschiedenen Orten, von verschiedenen Leuten, mit verschiedenem Gold und Silber dargestellt und von verschiedenen Drahtziehern zu Draht gezogen. Hätte ich meine acht Legirungen aus demselben Gold und Silber dargestellt und gezogen, so würde ich unzweifelhaft Resultate erhalten haben, die noch nicht um 0,1 von einander abweichen. Wenn verschiedene Beobachter die Leitungsfähigkeit des Quecksilbers bestimmen würden, wäre es da nicht wahrscheinlich, daß die von denselben gefundenen Resultate größere Unterschiede zeigten, als die von Hrn. Siemens selbst gefundenen? In der That haben verschiedene Beobachter bereits die Leitungsfähigkeit des Quecksilbers bestimmt und wir wollen die von denselben gefundenen Werthe für die verschiedenen Metalle vergleichen und zwar so, daß wir einmal die Leitungsfähigkeit des Silbers = 100 und das andere Mal die des Quecksilbers = 100 annehmen. Ich behaupte nun, daß wenn die von den verschiedenen Beobachtern gefundenen Werthe für die Leitungsfähigkeit eines und desselben Metalls besser übereinstimmen, falls sie mit Silber als falls sie mit Quecksilber als Einheit verglichen werden, die von Hrn. Siemens vorgeschlagene Quecksilber-Einheit als solche unbrauchbar ist.

Tabelle II.

Leitungsfähigkeit der Metalle, wenn Silber = 100,

	Siemens ²⁾	Lenz.	Becquerel.	Matthiessen.
Silber ¹⁾	100	100	100	100
Kupfer ¹⁾	96,92	73,4	95,3	99,5
Gold ¹⁾	—	58,5	68,9	78
Kadmium	—	—	26,3	23,8
Zink	—	—	25,7	29,2
Zinn	—	22,6	15,0	12,3
Eisen	—	13,0	13,1	14,4 bei 20°, 4
Blei	—	10,7	8,8	8,3
Platin ¹⁾	14,2	10,4	8,6	10,5 bei 20°, 7
Quecksilber	1,72	3,42 bei 18°, 7	1,86	1,65

Tabelle III.

Leitungsfähigkeit der Metalle, wenn Quecksilber = 100.

	Siemens.	Lenz.	Becquerel.	Matthiessen.
Silber	5820	2924	5376	6060
Kupfer	5630	2146	5123	6030
Gold	—	1710	3704	4727
Kadmium	—	—	1414	1442
Zink	—	—	1382	1770
Zinn	—	659	810	745
Eisen	—	380	704	872 bei 20°, 7
Blei	—	312	473	803
Platin	825	304	462	636 bei 20°, 9
Quecksilber	100	100 bei 8°, 7	100	100

Ein Blick auf obige Tabelle ist genügend, um zu zeigen, wie schlecht die Beobachtungsreihe von Lenz mit den andern stimmt, wenn Quecksilber als Einheit genommen wird; und wenn man die von Becquerel mit denen von mir gefundenen Werthen vergleicht, so ergeben sich folgende Unterschiede.

1) Hartgezogen. Alle Temperaturen = 0° C., wenn nicht eine andere angegeben wird.

2) Obige Abhandlung Seite 18.

Tabelle IV.

	Wenn Silber = 100	Wenn Quecksilber = 100.
Kupfer	4,3 Proc.	15,0 Proc.
Zinn	11,6 "	21,6 "
Kadmium	9,0 "	2,0 "
Zink	11,9 "	22,1 "
Zinn	18,0 "	8,0 "
Eisen	9,0 "	19,2 "
Blei	5,9 "	5,9 "
Platin	18,1 "	27,3 "

Diese Data beweisen die Unbrauchbarkeit der von Hrn. Siemens vorgeschlagenen Quecksilbereinheit, denn wir erhalten in der That besser übereinstimmende Resultate, wenn wir in obigen Reihen irgend ein anderes Metall als Quecksilber zur Einheit nehmen. Drei der obigen Beobachter geben das von ihnen gebrauchte Quecksilber als reines Metall an.

III. Hr. Siemens sagt (S. 93): „Neusilber eignet sich zur Anfertigung von Widerstands-Etalons jedenfalls weit besser als die kostbare Gold-Silber-Legirung.“ Ich stimme mit ihm hierin ganz überein. Mein Vorschlag ging nur dahin, die Gold-Silber-Legirung als vergleichendes Normalmaafs zu gebrauchen. Hrn. Siemens' Quecksilber-Etalons dienen wohl für denselben Zweck.

IV. Hr. Siemens sagt (Seite 93): „Selbst wenn die Leitungsfähigkeit der Legirung stets vollkommen dieselbe bliebe, so würden sich kleine Widerstände doch nicht mit Genauigkeit mittelst derselben herstellen lassen, da in den Berührungsstellen der Drahtenden mit den Zuleitungsdrähten immer noch variable Widerstände von wesentlicher Gröfse auftreten.“ Ich will jedoch erwähnen, dafs ich die Enden des Normaldrahts immer an zwei dicke kupferne Drähte (von 2 bis 3^{mm} Durchmesser und ungefähr 38^{mm} Länge) löthe. Die beiden freien Enden dieser Drähte, sorgfältig weich gemacht, tauchen in Quecksilbernäpfe, deren Boden aus amalgamirten Kupferplatten bestehen. Diese Näpfechen stehen auf ähnliche Weise mit dem Apparate in Verbindung.

Diese Anordnung giebt sehr befriedigende Resultate; nicht der geringste Unterschied in dem Widerstand wird beobachtet, wenn der Normaldraht aus den Quecksilbernäpfen herausgenommen und dann wieder eingesetzt wird. Wenn aber ein Draht der Gold-Silber-Legirung für den Gebrauch einmal hergerichtet worden ist, so kann man denselben immer wieder gebrauchen; nur müssen die Enden jedesmal frisch amalgamirt werden, was leicht und ohne großen Zeitverlust geschehen kann. Beim Gebrauche des von Hrn. Siemens vorgeschlagenen Einheitsmaasses muß das Quecksilber und die Röhre jedesmal sorgfältig gereinigt werden, was (abgesehen von der Gefahr die Röhre zu zerbrechen) nicht ohne großen Zeitverlust geschehen kann.

V. (S. 95). Hr. Siemens giebt eine Tabelle, mittelst welcher er zu beweisen sucht, daß er Widerstands-Etalons nach seiner Methode bis zu jeder erforderlichen Genauigkeit darstellen kann. Er beweist aber nur, daß es ihm möglich ist, dieselben Röhren mit verschiedenem Quecksilber zu füllen und daß die Widerstände dieser Röhren nur 0,05 Proc. differiren, denn er vergleicht drei unbekannte Widerstände mit zwei gleichen (reducirt auch gleiche Länge und Durchmesser) und erhält beinahe dieselbe Werthe. Hätte derselbe statt der mit 3 und 7 bezeichneten Normalröhren, die mit No. 1 und 4 bezeichneten benutzt, würde er wohl auch dasselbe Resultat erhalten haben? nein, sondern eine Differenz von 1,5 Procent (man vergleiche seine Resultate in Tabelle I).

VI. Hr. Siemens sagt (S. 96): »Die von mir aufgestellte Behauptung, daß Spuren fremder Metalle eine Abnahme in den Leitungsfähigkeiten des reinen Quecksilbers verursachen und nicht wie Siemens sagt eine Zunahme sey falsch.« Hr. Siemens hat hierin vollkommen recht. Ich war durch die Thatsache irre geleitet, daß Quecksilber in Verbindung mit mehreren Procenten anderer Metalle eine schlechtere Leitungsfähigkeit besitzt als das Mittel der Leitungsfähigkeit der Volumina angewandter Metalle, und da ich in allen meinen Versuchen nie eine Zunahme in der

Leitung
mit Sp
Schlus
auch
silbers

Da
übrige
in me
Legiru
nählic

I.
girt, d
lumina

II.
Metall
in de
schlec

Klasse
Metall
Metall
größ
tungs

In
beschi

sey n
im flu

ob w
deren

Leitun
zu ve
festen

Metall
Al
Verha
schei
darauf

1) P

Leitungsfähigkeit eines Metalles gefunden hatte wenn es mit Spuren anderer Metalle legirt war, so kam ich zu dem Schlusse, dafs Spuren (0,1 bis 0,2 Proc.) fremder Metalle auch eine Verminderung der Leitungsfähigkeit des Quecksilbers verursachen müßten.

Da Quecksilber sich in dieser Beziehung anders als die übrigen Metalle verhält, so müssen wir statt der von mir in meiner Abhandlung ¹⁾ über die Leitungsfähigkeit der Legirungen für die Metalle vorgeschlagenen zwei Klassen, nämlich:

I. Diejenigen Metalle, welche, wenn mit einander legirt, die Elektrizität in dem Verhältniß ihrer relativen Volumina leiten.

II. Diejenigen Metalle, welche, wenn legirt mit einem Metall der Klasse I oder mit einander, die Elektrizität *nicht* in dem Verhältniß ihrer Volumina leiten, sondern *stets schlechter* als das Mittel ihrer Volumina, jetzt eine dritte Klasse annehmen, welche wahrscheinlich durch diejenigen Metalle gebildet wird, welche legirt mit Spuren anderer Metalle eine *größere* Leitungsfähigkeit, wenn legirt mit größeren Quantitäten anderer Metalle, eine *geringere* Leitungsfähigkeit besitzt als das Mittel der ihrer Volumina.

In wiefern diese Annahme wahr sey, bin ich so eben beschäftigt zu untersuchen, und es wird sehr interessant seyn zu sehen, ob reine Metalle, wie Wismuth, Zinn etc., im flüssigen Zustande sich wie Quecksilber verhalten, d. h. ob wenn zu dem geschmolzenen Metall Spuren eines anderen Metalls hinzugefügt werden, eine Zunahme in der Leitungsfähigkeit beobachtet wird. Ich habe weiter nun zu versuchen, ob die Leitungsfähigkeit von Quecksilber im festen Zustand durch die Zugabe eine Spur eines fremden Metalles vergrößert oder verringert werde.

Als Beweis dafs meine Annahme in Beziehung auf das Verhalten der Metalle der dritten Klasse höchst wahrscheinlich richtig sey, gebe ich in Tabelle V einige sich darauf beziehende Versuche.

1) Pogg. Ann. Bd. 110, S. 190.

Tabelle V.

Leitungsfähigkeit der Gold-Silber-Legirung
bei 0° C. = 100 gesetzt.

Reines Quecksilber leitet 24,47 bei 18°.

Quecksilber legirt mit 0,1 Proc. reines Wismuth		Leitungsfähigkeit	
		beobachtet	berechnet
	Zinn	24,58 bei 18,6	24,46
"	" 0,01 " " Zinn	24,51 bei 18,4	24,50
"	" 0,02 " " "	24,54 bei 18,0	24,52
"	" 0,05 " " "	24,63 bei 18,2	24,61
"	" 0,10 " " "	24,76 bei 18,8	24,75
"	" 0,20 " " "	25,84 bei 19,0	25,02
"	" 0,50 " " "	25,86 bei 18,4	25,83
"	" 1 " " "	26,62 bei 18,6	27,19
"	" 2 " " "	27,66 bei 18,8	29,19
"	" 4 " " "	29,69 bei 19,0	35,09

Bei den Berechnungen wurde die Leitungsfähigkeit des Zinns = 172,09, diejenige des Wismuths = 17,88 angenommen. Das specifische Gewicht des Quecksilbers = 13,573, das des Wismuths = 9,823 und das des Zinns = 7,294.

Die Widerstände der Amalgame wurden in derselben Röhre bestimmt, welche für das Quecksilber benutzt wurde, so daß ein Fehler in der Messung der Länge und des Durchmessers keinen Einfluss auf die erhaltenen relativen Werthe ausüben konnte.

Wir ersehen aus obiger Tabelle, daß sogar Wismuth, ein schlechterer Leiter als Quecksilber, die Leitungsfähigkeit desselben erhöht, wie ja auch aus obiger Annahme zu erwarten steht. Die Versuche mit den Amalgamen zeigen, wie wichtig es seyn mußte, wenn Quecksilber als Widerstandsmaafs angenommen würde, daß dasselbe *absolut chemisch rein* wäre. Wir können keine bessere Uebereinstimmung in den von verschiedenen Beobachtern gefundenen Werth für Quecksilber erwarten, wenn Spuren fremder Metalle dessen Leitungsfähigkeit so beträchtlich verändern.

VII. (S. 103) Hr. Siemens giebt eine Tabelle, aus welcher er schließt, daß die Zunahme des Widerstandes des Quecksilbers zwischen 0° und 100° als constant zu betrachten sey. Mit andern Worten: Hr. Siemens nimmt an, daß die Formel $W = 1 + at$ den Widerstand des Quecksilbers für irgend eine Temperatur zwischen 0° und 100° ausdrücke. Wollen wir jetzt aus Hrn. Siemens Resultaten den Werth von a berechnen und zwar für Temperaturen, für welche der Widerstand beobachtet worden ist. Man erhält diesen Werth durch den Gebrauch der Formel $a = \frac{W-1}{t}$.

In Tabelle VI gebe ich Hrn. Siemens Tabelle über den Widerstand des Quecksilbers für verschiedene Temperaturen zugleich mit dem Werth des Coëfficienten a für jede Beobachtung. Der Widerstand des Quecksilbers bei 0° ist $= 1$ gesetzt.

Tabelle VI.

t.	gefundener Widerstand	Berechneter Werth für a
0	1,000	
18,51	1,0166	0,000899
28,19	1,0262	0,000933
41,29	1,0391	0,000947
57,34	1,0548	0,000956
99,29	1,0959	0,000986

Wäre die Formel $W = 1 + at$ die richtige, so müßten die für a gefundenen Werthe alle gleich seyn; da aber eine allmähliche Zunahme des Werthes von a stattfindet, so steht es außer Zweifel, daß eine Formel mit zwei Gliedern wie $W = 1 + at + bt^2$ die Widerstände für die verschiedenen Temperaturen richtiger ausdrücken würde.

Die Zunahme des Widerstandes des Quecksilbers zwischen 0° und 100° beträgt nach

Becquerel	Siemens	Matthiessen und von Bose	Schröder van der Kolk ¹⁾
10,3 Proc.	9,85 Proc.	9 Proc.	8,6 Proc.

1) Pogg. Ann. 110., S. 452.

Der von Hrn. Siemens angegebene Werth ist aus 12 Beobachtungen abgeleitet, der von Schröder van der Kolk angegebene aus 25 und der von v. Bose und mir aus 36. Ferner schließt Hr. Siemens aus 14 Beobachtungen, daß die Widerstandszunahme des Kupfers zwischen 0° und 10° constant sey, während v. Bose und ich gestützt auf 332 Beobachtungen für die Widerstandszunahme des Kupfers die Formel $W = 1 + at + bt^2$ herleiten. Unsere Versuche sind beinahe vollendet und wir hoffen dieselben vor Ende dieses Jahres zu veröffentlichen.

VIII. Hr. Siemens sagt (S. 105), »Was Hrn. Matthiessen zu der am Schlusse seines Aufsatzes gemachten Aeußerung: daß die gewöhnliche Annahme, die Leitungsfähigkeit des reinen wie käuflichen Kupfers ändere sich in gleichem Maasse mit der Temperatur, weit von der Wahrheit entfernt sey, veranlaßt hat . . .« Zwei Gründe, welche mich zu dieser Aeußerung bewogen, sind:

I. Hr. Siemens selbst nimmt an (s. d. Abhandlung¹⁾), daß die Leitungsfähigkeit seines Kupfer-Etalons durch Erwärmung um 1° C. um etwa 0,4 Proc. vermindert wird.

II. Hr. C. W. Siemens kommt zu derselben Annahme, bei der Beschreibung seines Widerstands-Thermometers²⁾, stützt sich bei seinen Berechnungen auf Arndtsen's gefundenen Coëfficienten, ohne die von ihm gebrauchte Kupfersorte näher zu bezeichnen. Daß meine Behauptung, in Beziehung auf den Unterschied in den Coëfficienten für die Zunahme der Widerstände für verschiedene Temperatur, für verschiedene Kupfersorten richtig ist, wird durch folgende Data bewiesen.

Hr. Siemens (S. 103) findet die Widerstandszunahme einer käuflichen Kupfersorte zwischen 0° und $100^{\circ} = 32,9$ Proc. Arndtsen fand die Zunahme für ein Kupfer, das Spuren von Eisen enthielt, $= 36$ Proc., von Bose und ich fanden diese Zunahme für reines Kupfer $= 42$ Proc.

1) Pogg. Ann. 100, S. 14.

2) Phil. Mag. Januar 1861.

und endlich zeigte ein von mir untersuchtes käufliches Kupfer eine Zunahme von ungefähr 8 Proc.

London den 8. August 1861.

XIII. Zur Theorie der Zungenpfeifen; von R. Helmholtz.

Unter Zungenpfeifen verstehe ich alle solche Blasinstrumente, in denen dem Luftstrom der Weg durch einen schwingenden elastischen Körper bald geöffnet, bald verschlossen wird. Die erste Arbeit, welche die Mechanik der Zungenpfeifen verständlich machte, war die von W. Weber. Er experimentirte aber hauptsächlich mit metallenen Zungen, die wegen ihrer grossen Masse und Elasticität nur dann von der Luft kräftig bewegt werden, wenn sich der von der Pfeife angegebene Ton nicht zu sehr von dem Eigenton der freien Zunge unterscheidet. Daher sind die Pfeifen mit metallenen Zungen in der Regel nur fähig einen einzigen Ton anzugeben, nämlich nur denjenigen unter den theoretisch möglichen Tönen, welcher dem eigenen Ton der Zunge am nächsten liegt.

Anders verhält es sich mit Zungen von leichtem, wenig Widerstand leistendem Material, wie es die Rohrzungen der Clarinette, Oboe, des Fagotts, die menschlichen Lippen in den Trompeten, Posaunen, Hörnern sind. Sehr geeignet für die Versuche sind auch membranöse Zungen aus vulkanisirtem Kautschuk, ähnlich den Stimmbändern des Kehlkopfs gestellt; nur muß man sie, damit sie leicht und gut ansprechen, schräg gegen den Luftstrom stellen.

Die Wirkung der Zungen ist wesentlich verschieden, je nachdem die von ihnen geschlossene Oeffnung sich öffnet,

wenn sich die Zunge dem Winde entgegen nach der Windlade zu bewegt, oder wenn sie sich mit ihm gegen das Ansatzrohr bewegt. Die ersteren nenne ich *einschlagende Zungen*, die letzteren *ausschlagende*. Die Zungen der Clarinette, Oboe, des Fagotts, der Zungenwerke der Orgel sind alle einschlagende Zungen. Die menschlichen Lippen in den Blechinstrumenten repräsentiren dagegen ausschlagende Zungen. Die von mir gebrauchten Kautschukzungen kann man einschlagend und ausschlagend stellen.

Die Gesetze für die Tonhöhe der Zungenpfeifen ergeben sich vollständig, wenn man die Bewegung der Zunge unter dem Einflusse des periodisch wechselnden Luftdrucks im Ansatzrohr und Windrohr bestimmt, und berücksichtigt, daß das Maximum der Geschwindigkeit der ausströmenden Luft nur erreicht werden kann, wenn die von der Zunge gedeckte Oeffnung ihre größte Weite erreicht hat.

1) *Zungen mit cylindrischem Ansatzrohr ohne Windrohr.* Die Zunge wird betrachtet als ein Körper, der durch elastische Kräfte in seine Gewichtslage zurückgeführt wird, und durch den, wie der Sinus der Zeit periodisch wechselnden, Druck im Ansatzrohr, wieder daraus entfernt wird. Die Bewegungsgleichungen ¹⁾ zeigen, daß der Augenblick stärksten Drucks in der Tiefe des Ansatzrohrs fallen muß zwischen eine größte Elongation der Zunge nach außen, die ihm vorausgeht, und eine größte Elongation nach innen, welche nachfolgt, und wenn man sich die Schwingungsdauer gleich der Peripherie eines Kreises in 360 Grade abgetheilt denkt, ist der Winkel ε , um welchen das Maximum des Druckes nach dem Durchgang der Zunge durch ihre Mittellage eintritt, gegeben durch die Gleichung

$$\text{tang } \varepsilon = \frac{L^2 - \lambda^2}{\beta^2 L^2 \lambda},$$

wo L die Wellenlänge des Tons der freien Zunge in der Luft bezeichnet, λ die des wirklich eingetretenen Tons und β^2 eine Constante ist, welche bei Zungen von leichtem Ma-

1) Aehnlich zu behandeln, wie Seebeck's Theorie des Mittönens. Repertorium der Physik. VIII. 60—64

terial und größerer Reibung größer ist als bei schwerem und vollkommen elastischem Material. Der Winkel ε ist zu nehmen zwischen -90° und $+90^\circ$.

In derselben Weise muß nun bestimmt werden die Zeit, um welche der größte Druck in der Tiefe des Ansatzrohrs abweicht von der größten Geschwindigkeit, welche letztere wieder zusammenfallen muß mit derjenigen Stellung der Zunge, wo die Oeffnung am weitesten ist. Die Berechnung dieser Größe ergibt sich aus meinen Untersuchungen über die Luftbewegung im Innern eines offenen cylindrischen Rohrs¹⁾. Das Maximum der nach der Oeffnung gerichteten Geschwindigkeit geht dem Maximum des Drucks voraus um einen Winkel δ (die Schwingungsdauer als Peripherie eines Kreises betrachtet), der gegeben ist durch die Gleichung

$$\tan \delta = \frac{\lambda^2}{4\pi Q} \sin \left[\frac{4\pi(l+a)}{\gamma} \right],$$

worin Q den Querschnitt, l die Länge des Ansatzrohrs bezeichnet und a eine von der Form abhängige Constante, welche bei Röhren, deren Querschnitt vom Radius ϱ ist, gleich $\frac{\pi}{4}\varrho$ ist. Der Winkel δ ist wieder zwischen -90° und $+90^\circ$ zu nehmen.

Da nun Luft in das Ende des Ansatzrohrs nur eintreten kann, wenn die Zunge geöffnet ist, so muß bei einschlagenden Zungen das Maximum der nach außen gerichteten Geschwindigkeit der Luft zusammenfallen mit der größten Elongation der Zunge nach innen; es muß also seyn

$$-\varepsilon = \delta + 90^\circ$$

und δ sowie ε müssen negativ seyn.

Bei ausschlagenden Zungen dagegen muß das Maximum der Luftausströmung zusammenfallen mit der größten Elongation der Zunge nach außen, es muß seyn

$$\frac{\pi}{2} = \delta + \varepsilon$$

und δ wie ε müssen positiv seyn.

1) Journal für reine und angewandte Mathematik, LVII.

Beide Fälle vereinigen sich in der Gleichung
 $\tan \epsilon = \cot \delta$
 oder

$$\sin \frac{4\pi(l+a)}{\lambda} = \frac{4\pi}{\lambda} Q \beta^2 \cdot \frac{L^2}{\lambda^2 - L^2} \quad (1)$$

bei der die Zungen beziehlich einschlagen oder ausschlagen müssen, je nachdem die auf beiden Seiten der Gleichung 1 stehenden Gröfsen positiv oder negativ ausfallen.

Da Q und β^2 sehr kleine Gröfsen sind, kann $\sin \frac{4\pi(l+a)}{\lambda}$ nur in dem Falle einen erheblichen Werth annehmen, wenn $\lambda^2 - L^2$ sehr klein ist, also der Ton der Pfeife dem der freien Zunge nahe kommt, wie das bei den metallenen Zungen meist der Fall ist. Wenn aber der Unterschied beider Töne $\lambda - L$ grofs ist, mufs im Gegentheil $\sin \frac{4\pi(l+a)}{\lambda}$ sehr klein seyn, also nahehin

$$l + a = a \frac{\lambda}{4}$$

worin a eine beliebige ganze Zahl bezeichnet.

Der Druckwechsel in der Tiefe des Ansatzrohrs ist nun proportional $\sin \frac{2\pi(l+a)}{\lambda}$, also ein Maximum, wenn

$$l + a = 2a \frac{\lambda}{4}$$

und ein Minimum, wenn

$$l + a = (2a + 1) \frac{\lambda}{4}$$

Im ersten Fall ist die Kraft des Luftdrucks nicht ausreichend, um die Zunge zu bewegen, im zweiten Falle genügt sie bei nicht zu schweren und widerstehenden Zungen. Daher sprechen gut an die Töne, bei welchen nahehin

$$l + a = (2a + 1) \frac{\lambda}{4}$$

bei denen also die Luftsäule des Ansatzrohrs wie die einer gedackten Pfeife schwingt. Gleichzeitig sieht man, dafs diese Töne fast unabhängig sind von der eigenen Tonhöhe der Zunge.

Von dieser Art sind die Töne der Clarinette; auch membranöse einschlagende Kautschukzungen an Glasröhren bis zu 16 Fufs Länge sprechen leicht an, und lassen verschiedene Obertöne hervorbringen, die der Gleichung 1 gut entsprechen. Ausschlagende Zungen müssen sehr tief gestimmt seyn, um reine Töne des Rohrs zu geben, daher die menschlichen Lippen dazu geeignet sind, in denen die elastischen Faserzüge mit einer grossen Masse wässerigen unelastischen Gewebes belastet sind. Cylindrische Glasröhren können leicht wie Trompeten angeblasen werden und geben die Töne einer gedackten Pfeife. Von diesen sind die höheren, in denen die Differenz $L^2 - \lambda^2$ gross ist, fest anzugeben, und rein gestimmt, die unteren dagegen nicht ganz unabhängig vom Werthe von L , d. h. der Spannung und Dicke der Lippen, daher unsicher und veränderlich.

2) *Zungen mit kegelförmigem Ansatzrohr ohne Windrohr.* Es findet ein sehr merkwürdiger Unterschied statt zwischen cylindrischen und kegelförmigen Ansatzröhren. Die Luftbewegung im Innern der letztern lässt sich nach denselben Grundsätzen bestimmen, welche ich für die cylindrischen Röhren gebraucht habe, indem man innerhalb des Rohrs das Potential der Luftbewegung setzt gleich

$$\frac{A}{r} \sin 2\pi \frac{(R-r+a)}{\lambda} + \frac{B}{r} \cos 2\pi \frac{(R-r)}{\lambda}$$

worin r der Abstand eines beliebigen Punktes von der Spitze des Kegels ist, R der Werth von r für die weite Mündung der Röhre. Man erhält, wenn man $\frac{B}{A}$ vernachlässigt,

$$\tan \delta = - \frac{\lambda^2}{2\pi Q} \cdot \sin \frac{2\pi(l+a)}{\lambda} +$$

$$\left[\cos \frac{2\pi(l+a)}{\lambda} + \frac{\lambda}{2\pi r} \sin \frac{2\pi(l+a)}{\lambda} \right]$$

worin r auf den Ort der Zunge zu beziehen ist. Auch hier ist zu setzen

$$\cotang \delta = \tan \varepsilon.$$

Es interessiren uns hier hauptsächlich die von dem Zungen-

ton stark abweichenden Töne der Pfeife, für welche also $L' - \lambda^2$ groß, $\tan \epsilon$ daher ebenfalls sehr groß ist, und $\tan \delta$ sehr klein. Für diese muß also entweder nahehin seyn

$$\sin \frac{2\pi(l+a)}{\lambda} = 0$$

was aber keine Töne giebt, weil hierbei der Druckwechsel in der Tiefe des Ansatzrohrs zu schwach ist, oder

$$\tan \frac{2\pi(l+a)}{\lambda} = -\frac{2\pi r}{\lambda} \quad (2)$$

Dies ist die Gleichung für die kräftig ausprechenden höheren Töne der Röhre.

Ich gebe hier folgend die Reihe der aus Gleichung 2 berechneten Töne für eine kegelförmige Röhre aus Zink, welche folgende Maafse hatte:

Länge $l = 122,7$ Ctm.

Durchmesser der Oeffnungen 5,5 und 0,7 Ctm.

Reducirte Länge $l + a$, berechnet 124,77 Ctm.

Ton	Wellenlänge		Länge der entsprechenden	
	berechnet	offenen	gedachten	Pfeife
1) H —	283,61	$= \frac{2}{1} \cdot 141,80$	$= \frac{4}{1} \cdot 70,90$	
2) h —	139,83	$= \frac{2}{2} \cdot 139,84$	$= \frac{4}{2} \cdot 104,88$	
3) fis ₁	91,81	$= \frac{2}{3} \cdot 137,71$	$= \frac{4}{3} \cdot 114,76$	
4) h ₁ +	67,94	$= \frac{2}{4} \cdot 135,88$	$= \frac{4}{4} \cdot 118,89$	
5) dis ₂	53,76	$= \frac{2}{5} \cdot 134,39$	$= \frac{4}{5} \cdot 120,95$	
6) g ₂	44,40	$= \frac{2}{6} \cdot 133,21$	$= \frac{4}{6} \cdot 122,11$	
7) b ₂ —	37,79	$= \frac{2}{7} \cdot 132,26$	$= \frac{4}{7} \cdot 122,82$	
8) c ₃	32,87	$= \frac{2}{8} \cdot 131,50$	$= \frac{4}{8} \cdot 123,28$	
9) dis ₃	29,22	$= \frac{2}{9} \cdot 131,47$	$= \frac{4}{9} \cdot 124,17$	

Die Töne vom 2ten bis 9ten konnten beobachtet werden, und fanden sich vollständig übereinstimmend mit der Rechnung. Man sieht aus den beiden letzten Rubriken, daß die hohen Töne sich fast genau denen einer gedachten Pfeife anschließen, deren Länge der reducirten Länge der Röhre 124,7 gleich ist; die tieferen schließt sich näher an die

einer offenen Pfeife, deren Länge bis zur Spitze des Kegels reichte. Die reducirte Länge einer solchen wäre $R + a = 142,6$ Ctm. Gewöhnlich werden die Töne der Blechinstrumente den Tönen einer offenen Pfeife gleich gesetzt, aber die oberen sind verhältnißmäßig zu tief gegen die unteren, in unserem Falle um mehr als einen halben Ton. Bei den Trömpeten und Hörnern wird dieser Fehler vielleicht einigermaßen durch den Schallbecher an der Mündung corrigirt. Bei den Posaunen helfen die Auszüge nach. Während die Trömpeten, Posaunen und Hörner zu den Zungenwerken dieser Klasse mit kegelförmigem Rohr und tiefen ausschlagenden Zungen gehören, tragen die Oboen und Fagotte hohe einschlagende Zungen. Sie geben bei der Ueberblasung ebenfalls die höhere Octave und dann die Duodecime, wie eine offene Pfeife. Die Rechnung nach Gleichung 2 stimmt für die Oboe sehr gut mit Zamminer's Messungen.

XIV. *Ueber Fluorescenz der Auszüge aus den verschiedenen Theilen der Pflanzen;* von C. B. Greifs.

Ausgehend von der längst bekannten Erfahrung, daß man, wenn man die Rinde der Rostkastanien mit Wasser auszieht, eine Flüssigkeit erhält, welche, sobald man durch ein vorgehaltenes Convexglas die aufgefangenen Sonnenstrahlen in dieselbe hineinbringt, einen schönen intensiv blauen Lichtkegel zeigt, unternahm ich es, die Auszüge aus den Rinden anderer Bäume in derselben Hinsicht zu untersuchen. Ich fand mich um so mehr dazu veranlaßt, als bekanntlich die Fluorescenz des Rostkastanienrindenauszugs durch den in der Rinde vorkommenden Bitterstoff Aesculin bedingt ist, und als auch in den Rinden einiger anderer Bäume bereits

ähnliche Bitterstoffe nachgewiesen sind, wie z. B. das Quercin in der Rinde der Eiche, das Salicin in der Rinde der Weide u. s. m. Dafs auch die Lösungen dieser Bitterstoffe zu den fluorescirenden Körpern zu rechnen seyn möchten, glaubte ich vermuthen zu dürfen. Zunächst suchte ich die Rinde von jenen Zweigen verschiedener Bäume mit Aether zu extrahiren, erhielt aber jedes Mal, ich mochte die Rinde von einem Baume nehmen, von welchem ich wollte, eine schön grün gefärbte Flüssigkeit, die sich bei der optischen Untersuchung als Chlorophyll-Extrakt durch den schönen blutrothen Lichtkegel documentirte. Da ich vermuthete, dafs das Chlorophyll vorzugsweise von dem Splint der Rinde herrühren dürfte, so suchte ich jede Spur von Splint sorgfältig von der Rinde zu entfernen, und dann zu extrahiren; aber auch jetzt blieb das Resultat dasselbe: eine grüne Flüssigkeit, welche den blutrothen Lichtkegel zeigte. Nun nahm ich Rinde von alten dicken Stämmen, z. B. von einem Platanenbaum, und zwar solche, wie sie dieser Baum als abgestorben selbst absondert, und wiederum bekam ich Blattgrün. In allen diesen Extracten war noch, wenn auch in sehr geringer Menge, eine zweite Flüssigkeit vorhanden, die sich von der übrigen Masse durch ihr specifisches Gewicht und durch ihre Farbe unterschied. Sie war nämlich specifisch schwerer, setzte sich daher an dem Boden des Gefäßes ab, und hatte eine braungelbe, bald dunklere, bald hellere Farbe. Der eingeschlagene Weg hatte nicht zum Ziele geführt, deshalb versuchte ich es jetzt, die Rinden mit Wasser zu extrahiren, wie dies ja auch immer mit der Rinde von *Aesculus Hippocostanum* geschieht. Schon der erste Versuch, welcher mit der Rinde von jungen Zweigen der Eiche gemacht wurde, hatte den erwarteten Erfolg. Die Flüssigkeit schillerte etwas, und zeigte einen prachtvollen hellgrauen Lichtkegel, als die Sonnenstrahlen durch eine Sammellinse concentrirt wurden. Ich habe nun seitdem Rindenextracte von 21 verschiedenen Bäumen dargestellt, und ohne eine einzige Ausnahme lauter fluorescirende Flüssigkeiten erhalten. Meine Untersuchungen erstreckten sich

bis
des
der
des
Pflau
Aufs
derj
tract
tensi
stani
keit
siud
wen
der
keg
Zeit
jeni
dasj
Ext
trac
erw
aus
Grü
farb
stof
den
per
keg
Fär
kau
so
auf
den
ges
Str
ein
ich
gra

bis jetzt auf die Rinde der Eiche, Birke, Buche, Weide, des Ahornbaumes, der Platane, der Akazie, des Hollunders, der Linde, der Pappel, der Esche, der Fichte, der Kiefer, des Tulpenbaumes, der *Paulownia imperialis*, des Kirschen-, Pflaumen-, Mirabellen-, Aprikosen-, Apfel- und Nufsbaumes. Außer dem Extrakte aus der Eichenrinde schillerte nur noch derjenige der Eschenrinde; es giebt aber auch dieses Extract einen hellblauen Lichtkegel, der an Schönheit und Intensität mit dem Lichtkegel in dem Extracte der Rosskastanienrinde wetteifert. Die Lichtkegel der übrigen Flüssigkeiten zeigen alle eine blaue, blaugraue oder graue Farbe, sind aber sämmtlich in der Nüancirung der Farbe mehr oder weniger von einander verschieden. Die Rindenextracte aller der oben genannten Obstbäume zeigen einen blauen Lichtkegel. Zugleich sind diese Extracte, wenn man sie längere Zeit stehen läßt, auch alle heller oder dunkler gelb, dasjenige des Pflaumbaumes sogar orange gefärbt, während nur dasjenige des Nufsbaumes fast farblos ist. Von den übrigen Extracten stimmt in Beziehung auf die Farbe nur das Extract der Birke, der Buche und der Platane mit den eben erwähnten überein, während die anderen keine entschieden ausgesprochene Farbe zeigen, sondern nur einen Stich in's Grüne, Gelbgrüne, Blaue oder Blaugrüne haben, oder selbst farblos sind. Ob die Farben der Extracte eigenen Farbstoffen angehören, war natürlich nicht zu entscheiden. Jedenfalls aber sind es nicht Farben der fluorescirenden Körper, denn in den Extracten kann man schon die Lichtkegel beobachten, wenn die Flüssigkeiten noch gar keine Färbung angenommen haben. Das Wasser braucht nämlich kaum eine Minute über den Rinden gestanden zu haben, so tritt der Lichtkegel schon auf, und zwar in Beziehung auf Intensität und Farbe am schönsten, während er in beiden Stücken abnimmt, wenn der Aufguss einige Zeit lang gestanden hat. Auch die Auszüge aus den Rinden einiger Sträucher, z. B. eines Rosenstrauchs, eines Jasminstrauchs, eines Stachelbeerstrauchs, und eines Syringenstrauchs habe ich untersucht, und habe auch hier die blauen oder blaugrauen Lichtkegel erhalten.

Wenn man bedenkt, daß das Aesculin es ist, dessen wässerige Lösung in dem Extracte der Rofskastanienrinde die Fluorescenz bedingt, so dürften aus den von mir gewonnenen Resultaten wohl die folgenden Schlüsse gezogen werden dürfen: 1) Die Rinde jedes Baumes und jedes Gewächses mit holzartiger Rinde enthält einen ähnlichen Bitterstoff, wie die Rinde der Rofskastanie das Aesculin, oder die Rinde der Eiche das Quercin, oder die Rinde der Weide das Salicin, wenn es auch der Chemie noch nicht gelungen ist, aus den verschiedenen Bäumen diese Stoffe isolirt darzustellen; 2) wahrscheinlich hat jede hieher gehörige Pflanzengattung ihren eigenen, ihr eigenthümlich angehörenden Bitterstoff, und 3) alle diese Bitterstoffe sind in Wasser löslich, und gehören sämmtlich zu den fluorescirenden Körpern. Ehe ich zu den Extracten aus anderen Pflanzentheilen übergehe, sey noch bemerkt, daß bei dem Auszuge aus der Rinde der Pappel, nachdem er zugekorkt etwa 8 Tage lang gestanden hatte, ein fester, milchfarbiger, dunkler Körper sich ausgeschieden hat, der sich als specifisch leichter als die Flüssigkeit sich über derselben lagerte, und eine dünne Schicht bildete, welche von solcher Consistenz war, und so große Adhäsion zu den Glaswänden zeigte, daß man das Fläschchen umdrehen konnte, ohne daß das Gewicht der Flüssigkeit im Stande gewesen wäre, die Schicht zu durchbrechen, oder von den Wänden loszureißen. Ein Controlversuch mit einer größeren Quantität des Auszugs aus der Pappelrinde gab dasselbe Resultat. Nach noch längerer Zeit schieden sich ähnliche Körper auch in dem Auszuge der Buchenrinde und in demjenigen der Aprikosenrinde aus. In allen übrigen Rindenauszügen war von der Ausscheidung eines solchen festen Körpers Nichts zu entdecken.

Nun stellte ich mir zunächst die Frage, ob auch in den Blättern neben dem Chlorophyll jene fluorescirende Körper vorhanden seyen. Ich bereitete mir wässerige Auszüge aus den Blättern der Rofskastanie, der Linde, der Platanee, des Rüsterbaumes, des Trompetenbaumes (*Catalpa*), des Weinstocks und der Blutbuche, sowie aus den Nadeln von *Thuja*.

ausgezogen

Ohne Ausnahme erhielt ich auch hier bei der Untersuchung auf Fluorescenz ganz ähnliche Lichtkegel wie bei den Rindenextracten. Auf den Blättern mußte aber das Wasser längere Zeit stehen als auf den Rinden, bis der Lichtkegel mit derselben Stärke beobachtet wurde. Von den Blättern der Blutbuche machte ich auch einen Extract mit Aether, um zu sehen, ob nicht etwa neben dem Chlorophyll in demselben noch ein anderer Farbstoff vorhanden sey, durch welchen die rothe Färbung hervorgerufen werde. Das Extract nahm aber eine sehr schöne grüne Farbe an, und documentirte sich durch den blutrothen Lichtkegel als blattgrünhaltig. Die grüne Farbe der Flüssigkeit sowohl, wie die rothe des in derselben entstehenden Lichtkegels waren selbst brillanter, als wenn das Extract aus denjenigen Pflanzen gewonnen worden wäre, welche man gewöhnlich zu diesem Zwecke empfiehlt, wie z. B. aus dem Knöterich. Auch hier hatte sich wieder jene braungelbe, specifisch schwerere, öltartige Flüssigkeit ausgeschieden, und zwar in etwas größerer Quantität, als bei den ätherischen Extracten der Rinden.

Waren nun die fluorescirenden Stoffe auch in den Blättern nachgewiesen, so lag es nahe zu sehen, ob sie auch in den Blüthen zu finden seyen. Untersucht habe ich die Blütenblätter der Rose, der weißen Lilie, des gefüllten Mohns, der Malve, der Kamille, des Hollunders und einer *Spiraea* (beide letzteren, nachdem sie sorgfältig von allen Blütenstielen befreit waren). Auch sie wurden mit Wasser extrahirt. Das Resultat war gleich günstig. In allen Fällen erzielte ich die blauen, verschieden nuancirten Lichtkegel. Um nun zu untersuchen, ob auch die Blüten Chlorophyll enthielten, extrahirte ich die Blütenblätter einer gefüllten Rose auch mit Aether, welchen ich 7 Stunden lang über denselben stehen liefs. Der Aether nahm nur eine äußerst schwache, aber nicht in's Grünliche, sondern mehr in's Gelbe spielende Färbung an. In demselben war von einem rothen Lichtkegel Nichts zu entdecken, dagegen zeigte sich auch hier ein graublauer Lichtkegel. Chlorophyll ist demnach

in den Blüthen nicht vorhanden, aber wohl sind es unsere Bitterstoffe. Gleichzeitig lehrt dieser Versuch, daß dieselben auch durch Aether löslich sind, und daß die Versuche, dieselben durch Aether aus den Rinden auszuziehen, nur deswegen keinen Erfolg hatten, weil das Chlorophyll durch seine Präponderanz wahrscheinlich die Wahrnehmung verbanderte. Auch hier war wieder eine braune, specifisch schwerere ölarartige Flüssigkeit extrahirt worden, welche sich zu Boden setzte, und zwar in einer Quantität, die, wenn man bedenkt, daß zum Extract nur die Blätter einer einzigen Rose gedient hatten, in Erstaunen setzte. Durch die große Menge derselben wurde meine anfangs gehegte Vermuthung, die Flüssigkeit möchte Gerbsäure seyn, die bekanntlich bei Anwendung von wasserhaltigem Aether ausgeschieden werden kann, wieder schwankend, da wohl nicht anzunehmen ist, daß in einer einzigen Rose die Gerbsäure in solcher Menge vorhanden sey.

Endlich wandte ich meine Aufmerksamkeit dem Holze und den krautartigen Stengeln zu. Zu diesem Behufe wurde das Holz von den Zweigen der Linde, der Esche, eines Syringebusches, eines Stachelbeerstrauches und von den Zweigen einer Thuja, sowie der krautartige Stengel des Mohns, der Kamille und der Malve mit Wasser ausgezogen. Die 7 ersteren Flüssigkeiten zeigten einen schönen blauen Lichtkegel, während der Lichtkegel der letzten Flüssigkeit in's Violette spielte. Nun nahm ich auch noch Holz von dem Stamme einer Buche, das gespalten schon längere Zeit zum Trocknen an der Luft gelegen hatte, und Zimmerspäne von Tannenholz. Aber auch hier erhielt ich die blauen Lichtkegel. Da in der Rinde Chlorophyll nachgewiesen war, so wollte ich auch feststellen, ob dasselbe ebenso im Holz vorhanden sey. Es wurde daher von dem erwähnten Buchenholz ein Theil auch mit Aether extrahirt, allein das Extract war farblos, und zeigte nur einen blaugrauen Lichtkegel. Indefs hätte doch vielleicht in dem Holze des lebenden Baumes Chlorophyll seyn können. Deshalb nahm ich auch noch junges Holz von den Zweigen einer Vogelkirsche

unmittelbar von dem Baume, und befreite es sorgfältig von aller Rinde sammt dem Splint. Das Aetherextract hatte zwar eine grünliche Farbe, aber dennoch zeigte es keinen rothen, sondern nur einen graublauen Lichtkegel. In dem Holze ist also ebensowenig Chlorophyll, wie in den Blüthen, und dasselbe scheint auf die Rinden und Blätter beschränkt zu seyn, während die Stoffe, mit welchen wir es hier zu thun haben, in allen Theilen der Pflanze verbreitet sind. Auch gaben die zwei letzten Versuche eine Bestätigung dafür, daß unsere Stoffe auch durch Aether extrahirt werden können, wenn nicht gleichzeitig Chlorophyll vorhanden ist.

XV. *Blitze ohne Donner; von Dr. J. Schneider.*

Unter den Blitzen ohne Donner ist, außer den bekannten, von einem entfernten Gewitter herrührenden Reflexblitzen, auch das längere Zeit hindurch bezweifelte Vorkommen von lautlosen Blitzen bei völlig heiterem Himmel durch neuere Beobachtungen hinreichend bestätigt¹⁾, dagegen ist das Auftreten von wirklichen Zickzackblitzen ohne Donner bis jetzt nur in einigen wenigen Beispielen bekannt und zu dem völlig unerklärt geblieben, daher die nachstehende Beobachtung eine besondere Beachtung und nähere Erörterung zu verdienen scheint.

Am 6. Juli dieses Jahres Abends um 9 Uhr zog am westlichen Horizonte von Düsseldorf ein Gewitter herauf, wobei sich der Himmel bis etwa 50° Zenithdistanz mit einer ziemlich gleichmäßigen Wolkenschicht bezog, in welcher sich an verschiedenen Stellen von Zeit zu Zeit ein plötzliches Aufleuchten ohne Donner zeigte. Da ich mich über-

¹⁾ Ueber den von mir beobachteten Fall siehe diese Annalen Bd. 98, S. 324 ff.

zeugen konnte, daß es keine Reflexblitze waren, so glaubte ich die bekannte Erscheinung von Flächenblitzen wahrzunehmen, und würde denselben keine weitere Beachtung geschenkt haben, wenn ich nicht zufällig an einer weniger dichten Stelle jener Wolkenschicht, und zwar jenseits derselben, einen deutlichen Zickzackblitz gesehen hätte, dem auch nicht die leiseste Spur eines Donners nachfolgte. Mit gespannter Aufmerksamkeit beobachtete ich nun bis gegen 10 Uhr unter dem vielmals wiederholten Aufleuchten noch einige, bald mehr bald weniger deutliche, geräuschlose Zickzackblitze oberhalb der Wolkenschicht, wobei sich während der ganzen Zeit nur zweimal ein dem Blitz ziemlich rasch folgendes aber sehr entfernt klingendes schwaches Donnergeroll wahrnehmen liefs. Erst nachdem das Blitzen aufgehört, begann ein sanfter Regen zu fallen, der jedoch nach einigen Minuten wiederum nachliefs; das Gewitter hatte sich verzogen.

Man hat sich in den früher beobachteten ähnlichen Fällen vergebens nach der Ursache der Erscheinung gefragt, indem ein förmlicher Zickzackblitz ohne erfolgende Wellenbewegung der Luft nicht wohl denkbar ist; für den vorliegenden Fall scheint sich aber die Erklärung aus den begleitenden Umständen mit hinreichender Sicherheit zu ergeben. Zunächst ist zu beachten, daß die Zickzackblitze sämmtlich oberhalb der Wolkenschicht, und nicht, wie gewöhnlich bei den von Donner begleitenden Blitzen, zwischen oder unterhalb derselben, beobachtet wurden, demnach der Schall und so mehr theilweise nach Oben reflectirt werden mußte, als die Wolkenmasse auf eine weite Strecke ein zusammenhängendes Ganze bildeten, und so selbst der reflectirte Schall nicht nach Unten gelangen konnte. Dann aber und vorzüglich fanden die Entladungen in ungewöhnlicher Höhe statt, wo die Stärke des Schalles durch die Verdünnung der Luft bedeutend verändert wurde, womit auch der Umstand im Einklange steht, daß der in zwei Fällen hörbare Donner, ob schon er dem Blitze ziemlich rasch folgte, dennoch nur sehr schwach und wie aus großer Entfernung klang, was auf

eine Verdünnung der Luft am Orte seiner Entstehung schliessen läßt²⁾). Ich zweifle ferner nicht, daß auch die andern Blitze, die sich bei diesem Gewitter als ein allgemeines Aufleuchten in den Wolken kund gaben, keine wirklichen Flächen-, sondern eben solche Zickzackblitze oberhalb der Wolkenschicht waren; die nur deswegen nicht in ihrer eigenthümlichen Form wahrgenommen wurden, weil sie von den darunter befindlichen Wolkenmassen verdeckt waren. Ich habe seit her noch bei zwei Gewittern, im August und September dieses Jahres, solche lautlose Blitze die nur eine allgemeine Erleuchtung der Wolken bildeten und keine Reflexblitze waren, wahrgenommen, ohne daß jedoch die Zickzackblitze (ohne Zweifel weil die verdeckende Wolkenschicht zu dicht war) bemerkt werden konnten. Man würde diese Blitze ohne Weiteres für Flächenblitze gehalten haben, und mir scheint es, daß mindestens ein großer Theil der mit diesem Namen bezeichneten Erscheinungen nichts Anderes ist, als solche durch mehr oder minder dichte Wolken gesehene, in Zickzackform stattgehabte Entladungen, deren Donner aus den oben angeführten Ursachen nicht bis zum Ohre des Beobachters dringen kann. Durch fortgesetzte genaue Beobachtungen wird daher eine schärfere Charakterisirung der Flächenblitze zu erlangen, und zunächst ihr Vorhandenseyn und ihre Unterscheidung von dem gewöhnlichen Zickzackblitz mit größerer Sicherheit festzustellen seyn.

Düsseldorf 1861.

- 1) Der Schall machte ganz den Eindruck, wie ein tönender Körper im luftverdünnten Raume der Luftpumpe; auch erinnerte mich derselbe lebhaft an das sehr entfernt klingende donnerähnliche Gepolter einiger aus der Nähe beobachteter, aber aus einer Höhe von 12000 Fuß herabstürzender Lavinen in den Schweizeralpen.

XVI. Stickstoff in Meteoreisen.

Veranlaßt, durch die neuern lebhaften Verhandlungen zwischen den pariser Chemikern über etwaigen Stickstoffgehalt des Eisens und des Stahls ist Hr. Boussingault auf den Gedanken gerathen, auch das Meteoreisen auf einen solchen Gehalt zu prüfen. Er hat dazu das Meteoreisen von Lenarto gewählt. Er sägte ein 3 Grm. schweres Stück davon ab, und löste es in Chlorwasserstoffsäure, nachdem er es durch Kochen mit Aether und Wasser von allen durch die Manipulation etwa erlangten Fettigkeiten befreit hatte. Diese Lösung wurde nun mit gelöschtem Kalk vermischt, der Destillation unterworfen und das Destillat mit verdünnter Schwefelsäure von bekanntem Säuregehalt gesättigt¹⁾. Auf diese Weise will er in einem Theil des Meteoreisens 0,00011 Ammoniak gefunden haben. Krupp'scher Gufsstahl ebenso behandelt, gab ihm 0,00022 Ammoniak. (*Compt. rend. T. III, p. 77*).

- 1) Ein anderes, hier aber nicht angewandtes Verfahren, des Hrn. Boussingault zur Ermittlung eines Stickstoffgehalts in Eisen und Stahl, besteht darin, daß er das Metall in Dampf von Schwefelquecksilber verbrennt; der Stickstoff wird dabei in Gasform erhalten (*Compt. rend. T. III, p. 5*).